CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION
КОСТЕ РАЦИНА 16б, 11000 БЕОГРАД
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324,
web site: www.sicip.co.rs

2/1.1.2.1 НАСЛОВНА СТРАНА

2/1. ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА

Инвеститор:	„Инфраструктура Железнице Србије“ а.д. Немањина 6/4, Београд
Наручилац:	Конзорцијум фирми: China Railway International Corporation Ltd. China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
Објекат:	Пруга Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА),** у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	**ПГД-** Пројекат за грађевинску дозволу
Назив и ознака дела пројекта:	**ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА -** **2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99**
За грађење / извођење радова:	Нова градња
Пројектант:	China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd Косте Рацина 16б 11000 Београд, Србија
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: 耿欣 (Генг Ксин)
Потпис:	XIN GENG Digitally signed by XIN GENG Date: 2021.08.03 10:38:56 +02'00'
Одговорни пројектант:	Зоран Луковић, дипл. грађ. инж. Лиценца број: 310 3032 03
Потпис:	ЗОРАН ЛУКОВИЋ 011041396 Sign Digitally signed by ЗОРАН ЛУКОВИЋ 011041396 Sign Date: 2021.08.02 10:02:28 +02'00'
Број дела пројекта:	2020-001-ГС-2/1.1.2
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

CeS.TRA

ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ

2/1-1.2 ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА km 77+807.99

Објекта: Пруга Београд - Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, на основу Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС” бр. 72/09, 81/09 – исправка, 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 – одлука УС, 50/13 – одлука УС, 98/13 – одлука УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. Закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (“Службени гласник РС”, бр. 73/2019), извршена је техничка контрола предметне документације, од стране предузећа CESTRA d.o.o. Београд.

ПРОЈЕКАТ СЕ ПРИХВАТА

Вршилац техничке контроле: CESTRA d.o.o,
Макензијева 57, Београд

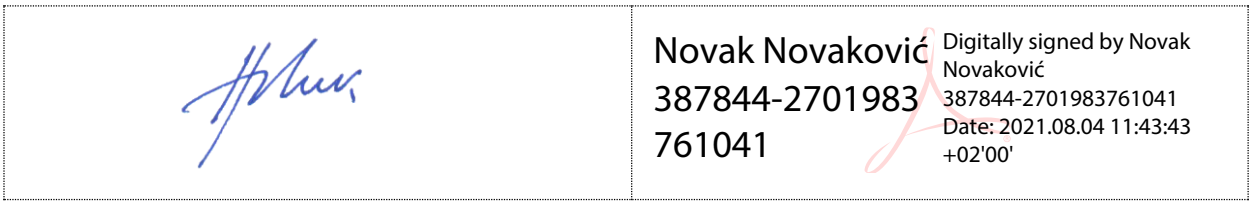
Број лиценце: 351-02-03374/2020-09 од 18.03.2021.

Одговорно лице/Заступник: Директор:
Драган Милић, дипл.грађ.инж.

Потпис:

Вршилац техничке контроле: Драган Милић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 312 E503 07
Потпис:

Вршилац техничке контроле: Новак Новаковић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 310 К201 11
Потпис:



Број техничке документације: А10312-61/21

Место и датум: Београд, 2021.

2/1.1.2.2 САДРЖАЈ

2/1.1.2.1	Насловна страна	
2/1.1.2.2	Садржај	
2/1.1.2.3	Решење о одређивању одговорног пројектанта	
2/1.1.2.4	Изјава одговорног пројектанта	
2/1.1.2.5	Текстуална документација	
2/1.1.2.5.1	Технички опис	
2/1.1.2.6	Нумеричка документација	
2/1.1.2.6.1	Статички прорачун	
2/1.1.2.6.1	Прорачун интеракције колосек - мост	
2/1.1.2.6.3	Предмер и предрачун радова	
2/1.1.2.7	Графичка документација	
Цртежи	Назив цртежа	Размера
2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц01.	Ситуациони план	1:200
2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц02.	Подужни пресек и изглед моста	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц03.	Основа конструкције	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц04.	Основа коловозне конструкције	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц05.	Основа темеља	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц06.	Попречни пресеци	1:50

2/1.1.2.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Члана 128, Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13-одлука УС, 50/13-одлука УС, 98/13-одлука УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

О Д Г О В О Р Н И П Р О Ј Е К Т А Н Т

за израду **ПРОЈЕКТА КОНСТРУКЦИЈА - 2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, одређује се:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж. _____310 3032 03

Пројектант:	CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD, Косте Рацина 16б
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Генг Ксин, дипл. инж.
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/1.1.2
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

2/1.1.2.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

Одговорни пројектант пројекта **ПРОЈЕКТА КОНСТРУКЦИЈА - 2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99,** који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.

И З Ј А В Љ У Ј Е М

1. да је пројекат у свему у складу са издатим Локацијским условима:

-бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 06.04.2020,

-бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 07.04.2020 - Решење о исправци грешке,

-бр.ROP-MSGI-7141-LOC-1/2020, Заводни број: 350-02-00109/2020-14 од 08.05.2020,

-бр.ROP-MSGI-931-LOC-3/2020, Заводни број: 350-02-00192/2020-14 од 29.05.2020;

2. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;

3. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Одговорни пројектант:	Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.
Број лиценце:	310 3032 03
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/1.1.2
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

2/1.1.2.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/1.1.2.5.1 ТЕХНИЧКИ ОПИС

ТЕХНИЧКИ ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

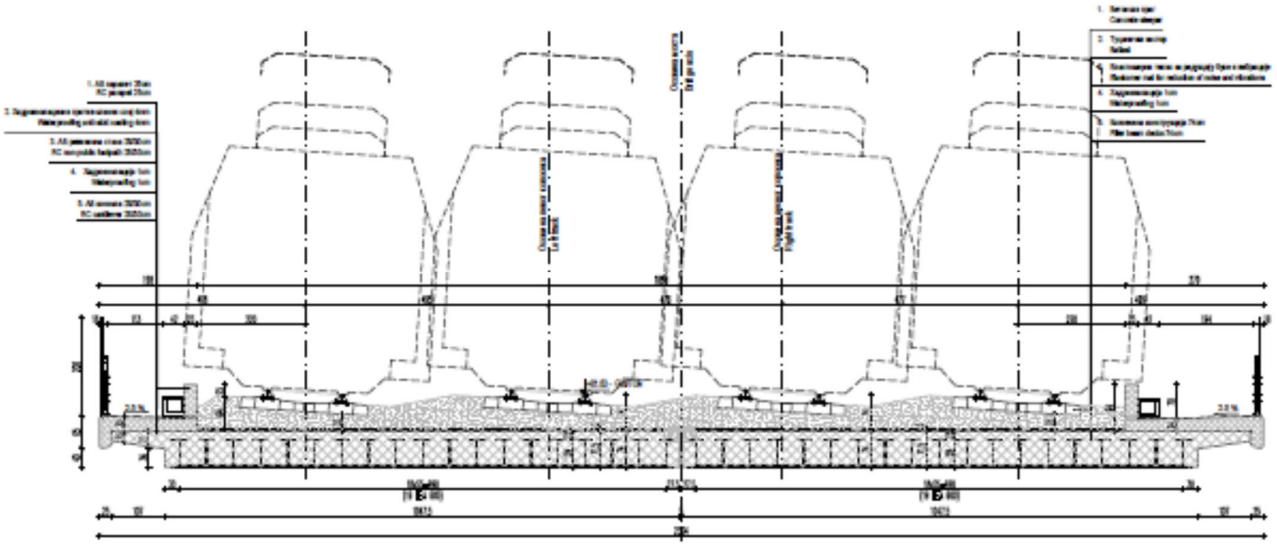
Пројектом за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд – Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад – Суботица – државна граница (Келебија), за брзину до 200 km/h, на стационажи km 77+807.99, левог колосека, пројектован је нови подвожњак који премошћује Партизанску улицу у Новом Саду.

Пројекат конструкције подвожњака урађен је на основу усвојеног Идејног пројекта, усвојених техничких параметара и саобраћајног решења трасе, постојећег стања пруге, геодетског елабората, хидротехничких подлога и геотехничког елабората.

2. Диспозиција

Новопројектовани четвороколосечни подвожњак у близини железничке станице у Новом Саду, је континуална конструкција са убетонираним челичним носачима, распона 11.6+18.85+11.6m, фундирана на шиповима. Коловозне конструкције формиране су као двоколосечне међусобно спојене подужном дилатационом спојницом, и ослоњене на заједничке стубове и опорце. Укрштање осовина улице и осовина колосека је под углом од 73°, те су стубови пројектовани тако да прате осовину улице. Коловозном конструкција са убетонираним челичним носачима статичке висине h=74cm, обезбеђен је слободан саобраћајни профил од 4.5 m.

Нивелета пруге на мосту је је у подужном паду од 4‰, а осовине колосека су делом у кружној а делом у прелазној кривини на међусобном растојању од 4.76 m. Коловоз се изводи у туцаничком застору минималне дебљине 35cm, постављеном у армиранобетонском кориту. Пројектована брзина у зони подвожњака је 80km/h.



Попречни пресек моста

Елементи саобраћајног профила

Дуж обе конзоле коловозне плоче иводе се ревизионе стазе са ивичним парапетима који формирају корито за смештање туцаничког застора. У оквиру ревизиоих стаза поред ивичног парапета постављају се каналице за смештај инсталација и ивични венци за ношење челичне ограде са заштитном мрежом од челичних профила и грифованог плетива. Ширина собраћајног профила на мосту, са ревизионим стазама и ивичним венцем износи 23.64m.

Одводњавање коловозне површине решено је подужним падом конструкције. У склопу насипа иза обалних стубова постављају се хоризонталне дренажне цеви којима се вода води до одводних канала.

Стубови портала контактне мреже анкерисани су у ревизиону стазу.

Преко коловозне плоче изводи се прскана хидроизолација типа ММА, преко које се у ширини застора, поставља еластомерни тепих за редукцију буке и вибрација. Застор на ревизионим стазама изводи се у виду хабајућег водонепропусног пртив-клизног слоја дебљине 4mm.

3. Конструкција

Ваљани профили HEA 600 постављени су на размаку од 55 cm, а висина бетона изнад носача износи 15 cm. На средње стубове конструкције су ослоњене преко подужно непокретних лежишта, док су на опорце ослоњене преко подужно покрентин лежишта.

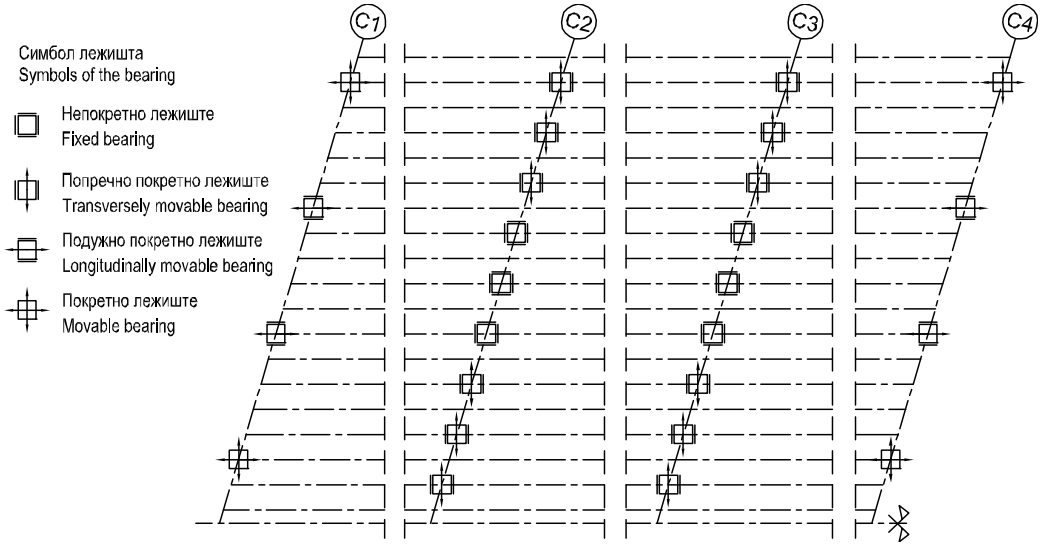
Дуж обе конзоле коловозне плоче као и дуж крилних зидова, бетонирају се ревизионе стазе дебљине 25-30cm, у склопу којих се изводе и ивични венци за ношење челичне ограде као и ивични парапети туцаничког корита.

Обални стубови моста су армиранобетонског платна дебљине 1.50 m, постављени под углом од 73° у односу на осовину конструкције фундирана на два реда шипова Ø900 преко наглавне греде дебљине 1.50 m, која се изводи на слоју тампона дебљине 20cm.

Средњи стубови су армиранобетонска платна дебљине 1.00 m, постављени под углом од 73° у односу на осовину конструкције. Ослоњени су на два реда шипова Ø900 преко наглавне греде дебљине 1.50 m, која се изводи на слоју тампона дебљине 20cm.

Лежишта

Усвојен је распоред лежишта према скици:



Лежишта морају у свему задовољити одредбе стандарда СРПС ЕН 1337 и DIN 4141.

Дилатационе спојнице

На опорцима изводе се водонепропусне еластомерне дилатационе спојнице капацитета ±40mm

Дуж подужних спојева конструкција изводе се водонепропусне еластомерне дилатационе спојнице које имају капацитет вертикалног померања од 40mm и попречног од 5mm.

Потребна дужина преклопа над стубом са подужно покретним лежиштима задовољава услове поглавља 6.6.4 стандарда СРПС ЕН 1998-2.

4. Фундирање

На основу података и препорука из "Геотехничког елабората" фундирање мостовске конструкције предвиђено је на шиповима.

Како се конструкција новог подвожњака изводи на месту постојећег, предвиђени су шипови Ø900 којима је могуће мимоићи постојећи шипови Ø400. На основу геолошког профила терена и граничне носивости шипова на опорцима су усвојени шипова дужине L=17m док су на средњим стубовима усвојени шипова дужине L=17m.

Стуб / Pier	Основне комб. Fundamental com.	Сеизмичке комб. Seismic com.	Гранична носивост шипа ø900 L=17m Bearing capacity pile ø900 L=17m
	$maxR_{Ed}$ [kN]	$maxR_{Ed}$ [kN]	Rc [kN]
C1	***1758***	1736	4402
C2	***3595***	3152	4427
C3	***3595***	3152	4246
C4	***1758***	1736	3628

5. Примењени материјали

Челична конструкција S355J2+M
Structural steel

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Иза обалних стубова моста, формирају се шљунчани клинови комбинацијом цементне стабилизације и гранулисаног шљунка који се изводи у слојевима дебљине 30cm, са набијањем до прописаног модула стишљивости. За формирање шљунчаних клинова испред и иза моста коришћене су препоруке у складу са немачким смерницама ZTVE-StB и UIC719.

6. Статички прорачун

Статички прорачун спроведен је коришћењем програмског пакета "Towep–3Д Model Builder 7.0" фирме "РАДИМПЕХ" из Београда. Конструкција је анализирана у тродимензионални моделу.

Шипови су у нивоу базе зглобно ослоњени са спреченим вертикалним померањем, док су у хоризонталној равни придржани еластичним ослонцима са крутостима срачунатим према подацима из Геомеханичког елабората. Реактивни отпор тла моделиран је према подацима из Геотехничког елабората.

Анализа оптерећења урађена је према важећим српским стандардима – СРПС ЕН 1991 – 1 (2) и њиховим националним прилозима.

Разматрана су следећа оптерећења:

– Сопствена тежина конструкције, запреминска тежина материјала у складу са СРПС ЕН 1991-1-1;

– Додатно стално оптерећење, тежине елемената колосека као и запреминска тежина материјала усвојене су у складу са СРПС ЕН 1991-1-1, Табеле А.1 и А.6;

– Хоризонтални притисци тла одређени су у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1997-1;

– Скупљање бетона, анализирано као равномерна температурна промена одређена из услова једнакости дилатације скупљања и температурне дилатације;

- Железничко саобраћајно оптерећења у свему према стандарду СРПС ЕН 1991-2, поглавље 6.

Усвојена је карактеристична вредност коефицијента α=1.21 (СРПС ЕН 1991-2/НА, Тачка 2.51);

- Вертикално саобраћајно оптерећење

Шеме оптерећења LM71 и SW/0, за анализу статички утицаји услед железничког саобраћаја на пругама нормалног колосека (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.2). Динамички коефицијент Ф3 за шеме оптерећења LM71 и SW/0 према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2:
Шема оптерећења "празни вагони", за контролу стабилности у случају када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима, према поглављу 6.3.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2, усвојена је као вертикално расподељено оптерећење qkv=10.0kN/m
Ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења

за мостове у кривини $e=h\cdot 180/150=1.2\cdot h$

Еквивалентно саобраћајно оптерећење за прорачун притисака земље на обалне стубове према поглављу 6.3.6.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2.

Корисно оптерећења на ревизионим стазама усвојено је сходно поглављу 6.3.7 стандарда СРПС ЕН 1991-2, као ревномерно распоређено површинско оптерећење од qfk=5kN/m2 по целој ширини стазе.

- Хоризонтално саобраћајно оптерећење

Центрифугална сила (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.1)

Сила бочног удара (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.2)

Силе од кочења и покретања (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.3)

- Оптерећења услед дејства температуре (СРПС ЕН 1991-1-5 и СРПС ЕН 1991-1-5/НА);

- Оптерећење ветром (СРПС ЕН 1991-1-4 и СРПС ЕН 1991-1-4/НА);

- Сеизмичко оптерећење (СРПС ЕН 1998-1, СРПС ЕН 1998-2 и СРПС ЕН 1998-5)

Пројектно сеизмичко оптерећење мостова одредиће се еквивалентном линеарном методом за пројектни еластични спектар одговора према поглављу 3.2.2.5 стандарда СРПС ЕН 1998-1, за коефицијент значаја γ_I=1.3 и класу значаја III, а за повратни период T_{NCR}=475 година. Гранични коефицијент β=0.2 (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.11).

За фактор понашања усвојено је q=1.0.

За локацију моста примењује се тип 1 еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.9), за тло типа "С".

Еквивалентна статичка сеизмичка сила одређена је применом методе основног мода, уз комбиновање компоненти сеизмичког дејства за два разматрана правца (СРПА ЕН 1998-2, 4.2.2.1 и 4.2.1.4).

Пројектно убрзање тла на тлу типа А $a_g=0.1\cdot g$ (СРПС ЕН 1998-1/НА, Табела А.1).

Сеизмички притисак тла одређен је применом поједностављене анализе (СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е).

- Удар друмских возила на елементе моста, према СРПС ЕН 1991-1-7;

- Утицај изклизнућа железничких возила (СРПС ЕН 1991-2, 6.7);

Комбинације оптерећења за контролу граничног стања носивости и употребљивости формиране су у свему према СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990/НА.

За усвојено конструктивно решење мостовске конструкције извршена је контрола критеријума употребљивости у складу са одредбама поглавља А2.4.4 стандарда СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990 /НА.

Преглед основних критеријума код граничних стања употребљивости

Критеријум	*Захтевано*	*Остварено*	*Норма*
Вертикалне деформације плоче	$\delta_v < L/0.9 \cdot 600$	$\delta_v = L/785$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.3
Ротације крајева плоче	$\theta_1 < 3.5 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 < 5 \cdot 10^{-3} rad$	$\theta_1 = 1.7 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 = 4.2 \cdot 10^{-3} rad$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.3
Увртање плоче	$t < 4.5mm$	$t = 3.6mm$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.2
Попречне фреквенције	$f_1 > 1.20Hz$	$f_1 = 2.46Hz$	СРПС ЕН 1990/НА 2.2.31
Хоризонтално померање плоче услед кочења и покретања	$\delta_b < 5mm$	$\delta_b = 4.6mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2
Подужно померање краја плоче услед вертикалног оптерећења	$b_v < 8mm$	$b_v = 1mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2
Вертикално померање краја плоче у односу на стуб, услед вертикалног оптерећења	$\delta_v < 3mm$	$\delta_v = 0.5mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2

За све елементе конструкције димензионисање је спроведено како за гранична стања носивости тако и за гранична стања употребљивости.

7. Извођење радова

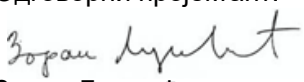
Конструкција се изводи монтажом и ливењем на лицу места.

Изградња моста обухвата следеће радове:

- припремни радови,
- рушење постојећег подвожњака према пројекту рушења свеска 10/1
- геодетско обележавање терена,
- заштита ископа и постојећег насипа,
- ископ тла за наглавнице шипова,
- побијање шипова за крајње стубове моста,
- изградњу наглавних греда са црпљењем воде током ископа и бетонирања наглавница,
- изградњу стубова према детаљима из пројекта,
- постављање ваљаних челичних носача HEA 600,
- постављање арматуре и бетонирање коловозне плоче,
- израду хидроизолације бетонских површина које су у контакту са земљом,
- затрпавање темеља стубова делом материјала из ископа,
- израда шљунчаног клина између крилних зидова,
- израду хидроизолације коловозне плоче,
- израду дилатационих спојница,

- израду елемената саобраћајног профила,
- извођење хидроизолације на ревизионим стазама,
- постављање стубова контактне мреже,
- уградњу инсталација,
- израду, монтажу и акз ограде ревизионе стазе за заштитном мрежом,
- постављање сигнализације,
- пробно оптерећење моста.

Одговорни пројектант:



Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лиценца бр. 310 3032 03

TECHNICAL REPORT

1. Introduction

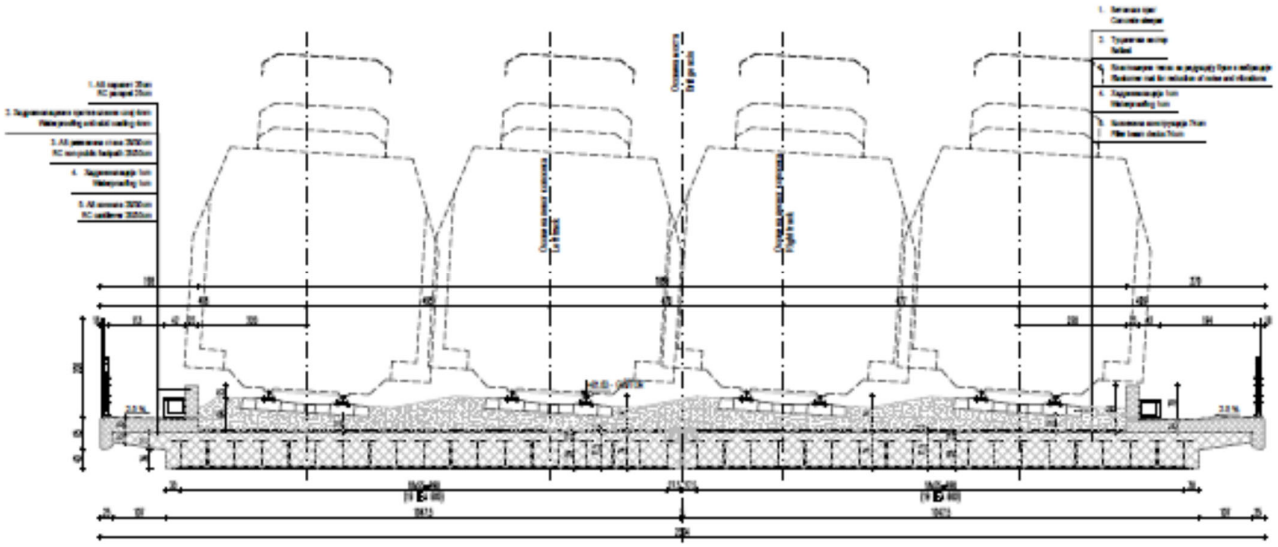
As a part of Construction Permit Design for the reconstruction and modernization of the railway line Belgrade-Subotica state border (Kelebija), part Novi Sad - Subotica state border (Kelebija) for the design speed up to 200 km/h, at the chainage km 77+807.99, new underpass that crosses Partizanska Street in Novi Sad has bean designed.

Design of the bridge structure was developed based on the approved Preliminary Design, adopted technical parameters, traffic solution, the existing condition of the railway, geodetic survey, hydrotechnical design and geotechnical report.

2. Layout

The four-track underpass near the railway station in Novi Sad, has been designed as an continuous beam with filler beam deck, spans 11.6 + 18.85 + 11.6 m. Deck is formed of two double-track structures with a longitudinal expansion joint. The axis of the street intersect with the axis of the structure at an angle of 73°, and piers are designed as to follow the street axis. The filler beam deck with height of h = 74 cm, provides a free traffic profile of 4.5m.

Track alignment on the bridge has gradient of 4.00‰, and the tracks are are partly in a circular and partly in a transitional curve, with axis distance of 4.76m. The railway has ballasted track with a minimum thickness of 35 cm, placed in reinforced concrete bed. The designed speed in the underpass zone is 80km/h.



Bridge cross section

Revision footpaths are placed along both deck cantilevers. The revision footpaths edge parapets form a ballast bed. Within the revision footpaths, are placed installation channels and edge beams for carrying a steel fence with a protective net made of steel profiles and griffin mesh. The clearance for the staff passage is 100 cm. The total width of the traffic profile on the bridge is 23.64m.

Drainage of the deck surface was solved by a longitudinal slope. The horizontal drainage pipes are placed at bottom of backfill behind the abutments.

The piers of the OCS portal are anchored in the revision footpaths .

Sprayed MMA waterproofing is performed over the deck slab, over which an elastomeric mat for noise and vibration reduction is placed as protection. Top coating of the revision footpaths is made of the anti-skid waterproofing layer 4 mm thick.

3. Structure

Rolled steal sections HEA 600 are placed at spacing of 550 mm, and a concrete cover above the steel beams is 15 cm. Deck is supported on longitudinali fixed bearings at midd piers, and at abutments is supported on the longitudinali movable bearing.

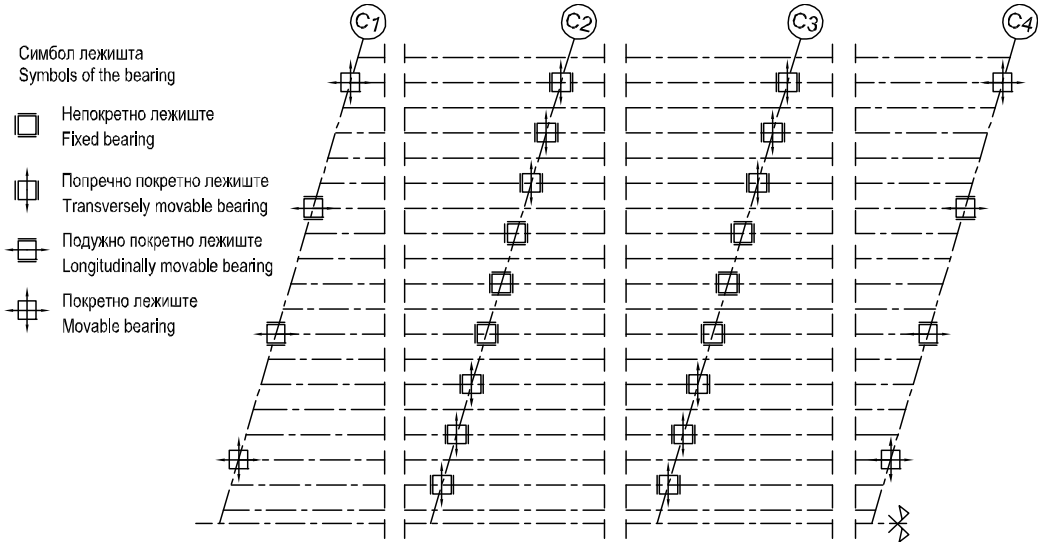
Along both cantilevers 25-30 cm thick revision footpaths are casted, along with edge beams and the edge parapets for ballast bed.

The bridge abutments are reinforced concrete walls 1,50 m thick, screwed at an angle of 73° to the axis of the structure. They are supported on two rows of Ø900 piles over a 1.50m thick pile caps.

The piers are reinforced concrete walls 1.00 m thick, screwed at an angle of 73° to the axis of the structure. They are supported on two rows of Ø900 piles over a 1.50 m thick pile cap beams.

Bearings

The arrangement of the bearings as shown:



Bearings should be fully in compliance with standard EN SRPS 1337 and DIN 4141.

Expansion joints

At abutments are foresen waterproof elastomeric expansion joints with displacement capacity in longitudinal direction of the bridge of ± 40 mm.

Longitudinala waterproof elastomeric expansion joints with displacement capacity of minimum 40 mm in vertical direction and 5 mm in lateral direction.

The overlap length on the abutment with longitudinally movable bearings satisfies the requirements of chapter 6.6.4 of the standard SRPS EN 1998-2.

4. Foundations

Based on the data and recommendations from the "Geotechnical report", pile foundations of the bridge structure are foreseen.

Piles Ø900 are foresen in order to avoid the existing Ø400 piles. Based on the geological profile of the terrain and the bearing capacity of the piles, adopted pile lengths are L=17m at abutments and L=18m at piers.

Стуб / Pier	Основне комб. Fundamental com.	Сеизмичке комб. Seismic com.	Гранична носивост шипа ø900 L=17m Bearing capacity pile ø900 L=17m
	$maxR_{Ed}$ [kN]	$maxR_{Ed}$ [kN]	Rc [kN]
C1	***1758***	1736	4402
C2	***3595***	3152	4427
C3	***3595***	3152	4246
C4	***1758***	1736	3628

5. Примењени материјали

Челична конструкција S355J2+M
Structural steel

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Behind abutments, gravel wedges are formed as a combination of cement stabilization on top of granulated gravel made in 30cm thick layers, with compaction to the designed modulus of stiffness. For the formation of gravel wedges in front of and behind the bridge, recommendations from the German guidelines ZTVE-StB and UIC719 were used.

6. Structural calculation

The structural calculation has been performed using the software package "Tower-3D Model Builder 7.0" developed by "RADIMPEX", Belgrade. The structure was analyzed in a three-dimensional FE model.

The piles are pinned at the base level with prevented vertical displacement, with elastic springs in the horizontal planes with stiffness calculated according to the data from the Geotechnical study. Reactive soil resistance was modeled according to the soil parameters from the Geotechnical Study.

Load analysis was performed according to valid Serbian standards - SRPS EN 1991 – 1 (2) and their national annexes.

The preliminary design considered the following loads:

- Self-weight of the structure, density of the material in accordance with SRPS EN 1991-1-1;

- Dead load, weights of track elements as well as density of materials were adopted in accordance with SRPS EN 1991-1-1, Tables A.1 and A.6;

- Horizontal soil pressures are determined in accordance with the provisions of the standard SRPS EN 1997-1;

- Shrinkage of concrete, analyzed as a uniform temperature change determined from the conditions of equality of shrinkage and temperature dilatation;

- Railway traffic loads in accordance with the standard SRPS EN 1991-2, Chapter 6.

The characteristic value of the coefficient α=1.21 was adopted (SRPS EN 1991-2 / NA, Item 2.51);

- Vertical traffic load

Load schemes LM71 were used for analysis of railway traffic actions on normal track lines (SRPS EN 1991-2, 6.3.2). Dynamic coefficient Φ3 for load schemes LM71 according to SRPS EN 1991-2, 6.4.5.2:

The load scheme "unloaded trains", for stability control in case there is a train with unloaded wagons on the structure, according to chapter 6.3.4 of SRPS EN 1991-2, adopted as a vertical uniformly distributed load qkv = 10.0kN/m.

Eccentricity of vertical traffic loads

For straight bridges according to chapter 6.3.5 of the standard SRPS EN 1991-2.

for bridges with cant $e = \Delta \cdot 180 / 150 = 1.2 \cdot \Delta$

Equivalent traffic load for calculation of earth pressures on abutments according to chapter 6.3.6.4 of SRPS EN 1991-2.

Live load on the revision footpaths was adopted in accordance with chapter 6.3.7 of the SRPS EN 1991-2 standard, as a uniformly distributed load of qfk = 5kN/m2 over the entire width of the footpath.

- Horizontal traffic load

Centrifugal force (SRPS EN 1991-2, 6.5.1)

Nosing force (SRPS EN 1991-2, 6.5.2)

Traction and braking forces (SRPS EN 1991-2, 6.5.3)

- Loads due to temperature effects (SRPS EN 1991-1-5 and SRPS EN 1991-1-5 / NA);

- Wind load (SRPS EN 1991-1-4 and SRPS EN 1991-1-4 / NA);

- Seismic load (SRPS EN 1998-1, SRPS EN 1998-2 and SRPS EN 1998-5)

  The design seismic load of bridges is determined by the equivalent linear method for the design spectrum for elastic analysis according to Chapter 3.2.2.5 of SRPS EN 1998-1, with importance factor of the bridge γ_I=1.3 and the importance class III, for the reference return period T_{NCR} = 475 years. Lower bound factor for the horizontal design spectrum β=0.2 (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.11).
  Behavior factor is adopted as q = 1.0
  For the location of the bridge, type 1 elastic response spectrum is applied (SRPS EN 1998-1 / NA, Item 2.9), for ground type "C".
  Design ground acceleration on type A ground a_g=0.1·g (SRPS EN 1998-1/NA, Table A.1)
  The equivalent static seismic force was determined using the fundamental mode method, combining the components of seismic action for the two considered directions (SRPA EN 1998-2, 4.2.2.1 and 4.2.1.4).
  Seismic soil pressure was determined using a simplified analysis (SRPS EN 1998-5, Annex E).

- Accidental actions - impact of road vehicles on bridge elements, according to SRPS EN 1991-1-7;

- Derailment actions from rail traffic on a railway bridge (SRPS EN 1991-2, 6.7);

Load combinations for the control of the ultimate limit states and servisibility limit states are adopted in accordance with SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990/NA.

For the adopted structural solution of the bridge structure, the control of servisibility limit states was performed in accordance with the provisions of Chapter A2.4.4 of the SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990 / NA standards, as follows:

Overview of basic criteria for servisibility limit states

Criteria	*Reqested*	*Achieved*	*Norm*
Vertical deformation of the deck	$\delta_v < L/0.9 \cdot 600$	$\delta_v = L/785$	SRPS EN 1990 A2.4.4.3
Deck end rotations	$\theta_1 < 3.5 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 < 5 \cdot 10^{-3} rad$	$\theta_1 = 1.7 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_2 = 4.2 \cdot 10^{-3} rad$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.3
Deck twist	$t < 4.5mm$	$t = 3.6mm$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.2
Lateral frequencies	$f_1 > 1.20Hz$	$f_1 = 2.46Hz$	SRPS EN 1990/HA 2.2.31
Horizontal displacements due to traction and braking	$\delta_b < 5mm$	$\delta_b = 4.6mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2
Longitudinal displacement of deck ends due to vertical load	$b_v < 8mm$	$b_v = 1mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2
Vertical displacement of the deck ends in telation to the abutment, due to vertical load	$\delta_v < 3mm$	$\delta_v = 0.5mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2

For all structural elements, dimensioning was performed for both ultimate limit states and serviceability limit states.

7. Извођење радова Execution of works

The construction is carried out by erection and casting on site.

The construction of the bridge includes the following works:

- preliminary works,
- demolition of the existing bridge structures according to the Demolition design Book 10/1
- geodetic terrain surveying and marking,
- protection of the excavation and the existing embankment,
- excavation of soil for pile cap beams,
- boring of piles for the abutments and piers of the bridge,
- construction of pile cap beams with water pumping during excavation and concreting of pile cap beams,
- construction of abutments and piers,
- erection of the rolled steel girders HEA 600,
- installation of reinforcement and concreting of the deck,
- waterproofing of concrete surfaces that are in contact with the ground,
- backfilling of the abutment foundations with part of the material from excavation,
- construction of a gravel wedge between the wing walls,
- waterproofing of the deck,
- installation of expansion devices at abutments,
- construction of traffic profile elements,
- revision footpaths waterproofing,
- installation of OCS portals,
- placing of installations,
- manufacture, assembly and corrosion protection of railing on the revision footpaths,
- installation of signalling system,
- test load of the bridge.

2/1.1.2.6 НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/1.1.2.6.1 СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

САДРЖАЈ / TABLE OF CONTENT

САДРЖАЈ / TABLE OF CONTENT 1
1 Улазни подаци / Input data 7
1.1 ДИСПОЗИЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ / Structure layout 7
1.2 КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА / Material properties 9
1.2.1 Челична конструкција / Structural steel 9
1.2.2 Арматурни челик / Reinforcing steel 9
1.2.3 Бетон / Concrete 10
1.2.4 Парцијални коефицијенти сигурности за материјале / Partial safety factors for materials 11
1.2.4.1 Челик / Steel 11
1.2.4.2 Бетон и арматура 11
1.3 ГЕОМЕТРИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ / Section property 12
1.3.1 I Фаза – челични носачи од ваљаних профила HEA 600 / I Phase – steel girders of rolled section HEA 600 12
1.3.2 II Фаза – спрегнут пресек / II Phase – composite girders (filler beam) 12
1.3.2.1 Геометријске карактеристике неиспрскалог бетонског пресека E_aI_1 / Section property of uncracked section E_aI_1 12
1.3.2.2 Геометријске карактеристике испрскалог бетонског пресека E_aI_2 / Section property of cracked section E_aI_2 13
1.3.2.3 Попречни носачи / Cross girders 15
1.4 ПРОРАЧУНСКИ МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИЈЕ / Structural model 16
1.4.1 I ФАЗА / I PHASE 16
1.4.2 II ФАЗА / II PHASE 20
1.4.3 Просторни модел за анализу стубова и модалну анализу конструкције / FE model for global analysis 27
2 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS 30
2.1 Стално оптерећење / Permanent loads 30
2.1.1 Сопствена тежина конструкције / Self-weight $G_{k,1}$ 30
2.1.1.1 Тежина коловозне конструкције / Deck weight 30
2.1.1.2 Сопствена тежина стубова 30
2.1.2 Стални терет на мосту / Dead load Gk,2 31
2.1.3 Скупљање и течење / Creep and Shrinkage S 31
2.1.4 Стални вертикални притисак од земље (тежина земље) / Weight of the soil $G_{k,3}$ 32
2.1.5 Притисак тла / Earth pressure E_d 32
2.2 Саобраћајна оптерећења / Traffic loads 34
2.2.1 Вертикално саобраћајно оптерећење / Vertical traffic loads $Q_{v,1}$ 34
2.2.1.1 Шема оптерећења / Load model LM71 34
2.2.1.2 Шема оптерећења / Load model SW/0 34
2.2.1.3 Шема оптерећења / Load model SW/2 34
2.2.1.4 Шема оптерећења „празни вагони“ / Load Model “unloaded train” $q_{v,2}$ 35
2.2.1.5 Ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења / Eccentricity of vertical loads 35
2.2.1.6 Расподела концентисаног оптерећења / Distribution of axle loads 35
2.2.1.7 Еквивалентно оптерећење за притисак земље / Equivalent vertical loading for earth pressure $\Delta E_{d,Qvk}$ 35
2.2.1.8 Корисно оптерећење на ревизионим стазама / Actions on non-public footpaths q_{fk} 36

2.2.2 Динамички ефекти / Dynamic effects 36
2.2.3 Хоризонталне силе услед саобраћајног оптерећења / Horizontal forces due to traffic load 37
2.2.3.1 Центрифугална сила / Centrifugal force Q_{tk} 37
2.2.3.2 Сила бочног удара / Nosing force Q_{sk} 38
2.2.3.3 Силе од кочења и покретања воза / Actions due to traction and braking Q_{lak}, Q_{lbk} 38
2.2.4 Прерасподела саобраћајног оптерећења / Distribution of traffic load 39
2.3 Замена лежишта / Replacement of bearings 39
2.4 Утицаји од температуре / Thermal actions T_k 40
2.4.1 Утицаји од равномерне температурне промене / Uniform temperature 40
2.5 Оптерећење ветром / Wind actions F_{wk} 41
2.5.1 Дејство ветра на коловозну конструкцију / Wind actions on bridge deck 41
2.5.2 Ветар на стубове моста / Wind actions on bridge piers 44
2.5.3 Контрола стабилности за случај када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима 44
2.6 Сеизмичко оптерећење / Seismic actions A_E 45
2.6.1 Сеизмичке силе на конструкцију / Seismic actions on a bridge structure A_{Ed} 45
2.6.2 Сеизмички притисак тла / Seismic earth pressure E_{Ed} 49
2.7 Инцидентна оптерећења / Accidental actions 50
2.7.1 Утицај исклизнућа железничких возила / Derailment actions Q_{A1d}, q_{A1d}, q_{A2d} 50
2.7.2 Удар друмских возила о стубове моста / Impact of road vehicles on substructures F_{dx},F_{dy} 51
3 ПРИНЦИПИ КОМБИНОВАЊА ОПТЕРЕЋЕЊА / Combinations of actions 52
3.1 Преглед оптерећења / Actions 52
3.2 Прорачунске комбинације / Design combination of actions 53
3.2.1 Гранична стања носивости / Ultimate limit states (ULS) 53
3.2.1.1 Комбинације дејстава за стална или пролазне прорачунске ситуације (Основне комбинације) / Combinations of actions for persistent or transient design situations (Fundamental combinations) 53
3.2.1.2 Комбинације дејстава за сеизмичке прорачунске ситуације / Combinations of actions for seismic design situations 53
3.2.1.3 Комбинације дејстава за инцидентне прорачунске ситуације / Combinations of actions for accidental design situations 53
3.2.2 Гранична стања употребљивости / Serviceability limit states (SLS) 54
3.2.2.1 Карактеристична комбинација дејстава за неповратна гранична стања / Characteristic combination 54
3.2.2.2 Честа комбинација дејстава за повратна гранична стања / Frequent combination 54
3.2.2.3 Квази-стална комбинација дејстава за дуготрајна дејства и изглед конструкције / Quasi-permanent combination 54
4 Стање употребљивости / Serviceability limit states 55
4.1 Увртање коловозне плоче / Deck twist 55
4.2 Попречне деформације и сопствене хоризонталне фреквенције / Transverse deformation and vibration of the deck 55
4.3 Угиби конструкције / Vertical deflection 57
4.3.1 Угиби конструкције / Vertical deflection 58
4.4 Хоризонтална померања / Longitudinal displacement 59
4.4.1 Релативно хоризонтално померање услед покретног оптерећења / Due to vertical traffic actions 59

4.4.2 Релативно хоризонтално померање услед силе кочења и покретања / Due to traction and braking....59
4.4.3 Релативно хоризонтално померање услед дејства температуре....60
4.4.4 Релативно хоризонтално померање услед скупљања....61
4.4.5 Релативно хоризонтално померање услед сеизмике....61
4.4.6 Укупно релативно хоризонтално померање....62
4.5 Ротације у вертикалној равни / Rotation of the deck....63
4.5.1 Ротација ослоначког попречног пресека услед саобраћајног оптерећења / Rotation of the deck due to traffic load....63
5 ГЛАВИ НОСАЧ / Main girder....64
5.1 Статички утицаји у главном носачу / Internal forces and moments in main girder....66
5.1.1 I Фаза – челични носчи / I Phase – steel girders....66
5.1.1.1 Сопствена тежина челичних носача и свежег бетона $G_{k,1}$....66
5.1.2 II Фаза – убетонирани челични носачи / II Phase – filler beams....67
5.1.2.1 Тежина сталног терета $G_{k,2}$....67
5.1.2.2 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$....69
5.1.2.3 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} и сила бочног удара $0.5 \cdot \alpha \cdot Q_{sk}$....73
5.1.2.4 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}....74
5.1.2.5 Оптерећењ ветром $F_{w,\ train}$....74
5.1.2.6 Утицај temperature T_k....75
5.1.2.7 Скупљање S....75
5.1.2.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту A_d....76
5.2 Контрола нормалних напона / Stress control....78
5.3 Контрола граничне носивости / Ultimate limit states....85
5.3.1 Контрола граничне носивости на савијање и смицање / Design resistance for bending and shear 86
5.3.2 Пренос реакције у лежишта кроз средње попречне носаче / Transmission of the vertical shear forces through the transverse girder at mid supports....90
5.4 Контрола карактеристичне ширине прслина / Crack control....91
5.5 Контрола отпорности на замор / Fatigue verification....92
5.5.1 Контрола отпорности на замор завареног сучеоног споја главног носача / Fatique verification of the but welded splice of roled beams....92
5.5.2 Контрола отпорности на замор бетона и подужне арматуре / Fatigue verification of concrete and longitudinal reinforcement....94
5.5.2.1 Арматурни челик / Reinforcing steel....94
5.5.2.2 Бетон изложен напонима притиска / Concrete subjected to compression....95
6 ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ / Cross girders....96
6.1 Статички утицаји у крајњим ослоначким носачима / Internal forces and moments in end cross girders....97
6.1.1 Фаза монтаже доњег дела носача / Erection of the lower part of the girder....97
6.1.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$....97
6.1.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$....98
6.1.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$....100
6.1.5 Сила бочног удара $0.5 \cdot \alpha \cdot Qsk$....101
6.1.6 Силе од кочења и покретања воза Qlak, Qlbk....101
6.1.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}....102
6.1.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту $Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$....103

6.1.9 Оптерећење ветром $F_{w,train}$ 104
6.1.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing 104
6.2 Статички утицаји у средњим ослоначким носачима / Internal forces and moments in mid cross girders 105
6.2.1 Фаза монтаже доњег дела носача / Erection of the lower part of the girder 105
6.2.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$ 105
6.2.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$ 106
6.2.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ 107
6.2.5 Сила бочног удара $0.5 \cdot \alpha \cdot Qsk$ 108
6.2.6 Силе од кочења и покретања воза Qlak, Qlbk 108
6.2.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk} 109
6.2.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту A_d 109
6.2.9 Оптерећење ветром $F_{w,\ train}$ 110
6.2.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing 111
6.3 Гранично стање носивости / Ultimate limit states 112
6.3.1 Носивост пресека на савијање / Design resistance for bending 113
6.3.1.1 Крајњи ослоначки попречни носач / End cross girders 113
6.3.1.2 Средњи попречни носач / Mid cross girders 117
6.3.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design resistance for shear and torsion 123
6.3.2.1 Ослоначки попречни носач / End sross girders 123
6.3.2.2 Средњи попречни носач / Mid cross girders 126
6.4 Гранично стање употребљивости / Serviceability limit state 129
6.4.1 Контрола напона / Stress control 129
6.4.1.1 Ослоначки попречни носач / End cross girder 129
6.4.1.2 Средњи попречни носач / Mid cross girder 131
6.4.2 Контрола прслина / Crack control 132
6.4.2.1 Ослоначки попречни носач / Eng cross girders 132
6.4.2.2 Средњи попречни носач / Mid cross girders 132
7 Коловозна плоча / Concrete deck 134
7.1 Статички утицаји у коловозној плочи / Internal forces and moments in transverse concrete members 134
7.1.1 Стални терет $G_{k,2}$ 134
7.1.2 Саобраћајно оптерећење шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ 135
7.1.3 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk} 139
7.1.4 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту $Q_{Ad} + 0.8(1)Q_{v,1}$ 140
7.2 Гранично стање носивости / Ultimate limit states 145
7.2.1 Носивост пресека на савијање 146
7.2.1.1 Бетонска плоча у крајњим пољима / Transverse reinforcement in the end spans 147
7.2.1.2 Бетонска плоча изнад средњих ослонаца / Transverse reinforcement at the mid cross girders 147
7.2.1.3 Бетонска плоча у зони средњих ослонаца / Transverse reinforcement along the mid cross girders 147
7.2.1.4 Бетонска плоча у средњем пољу / Transverse reinforcement in the mid spans 149
7.2.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear 150

7.3 Гранично стање употребљивости / Serviceability limit state 151
7.3.1 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and crack control 151
8 Конзола ревизионе стазе / Deck cantilevers....153
8.1 Анализа оптерећења / Actions 153
8.2 Контрола граничне носивости / Ultimate limit states 153
8.2.1 Носивост пресека на савијање / Design bending resistance....154
8.2.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design shear resistance....155
8.3 Гранично стање употребљивости / / Serviceability limit state 158
9 Лежишта / Bearings....160
9.1 Комбинације оптерећења / Combination of actions 161
9.2 Реакције лежишта / Bearing reactions....161
9.2.1 Подужно покретна лежишта / Longitudinally movable bearings....161
9.2.2 Подужно непокретна лежишта / Fixed bearings....164
10 Доњи строј моста / Substructure....168
10.1 Обални стубови / Abutments 172
10.1.1 Парапетни зид / Parapet wall....172
10.1.2 Статички утицаји у стубу и крилним зидовима / Internal forces and moments in abutment and wing wall....174
10.1.3 Димензионисање стуба и крилних зидова / Design of abutments and wing walls 179
10.1.3.1 Стуб / Abutment....179
10.1.3.2 Крилни зидови / Wing walls 182
10.1.4 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state....182
10.1.4.1 Контрола граничне носивости стуба за једноосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending 183
10.1.4.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear 186
10.1.5 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states 187
10.1.5.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења....187
10.1.5.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control 187
10.2 Средњи стуб / Piers....189
10.2.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments due to relevant load combinations....189
10.2.2 Димензинисање стуба / Design of piers....193
10.2.3 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state....195
10.2.3.1 Контрола граничне носивости стуба за једноосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending 196
10.2.3.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear 199
10.2.4 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states 200
10.2.4.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења....200
10.2.4.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control 201
10.3 Наглавне греде / Pile cap beams....202
10.3.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments.. 202
10.3.2 Димензионисање / Design....205
10.3.2.1 Минимална и максимална арматура / Minimum and maximum reinforcement areas 205
10.3.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу / Reinforcement in transverse direction...205
10.3.2.3 Димензионисање арматуре у подужном правцу / Reinforcement in longitudinal direction...206

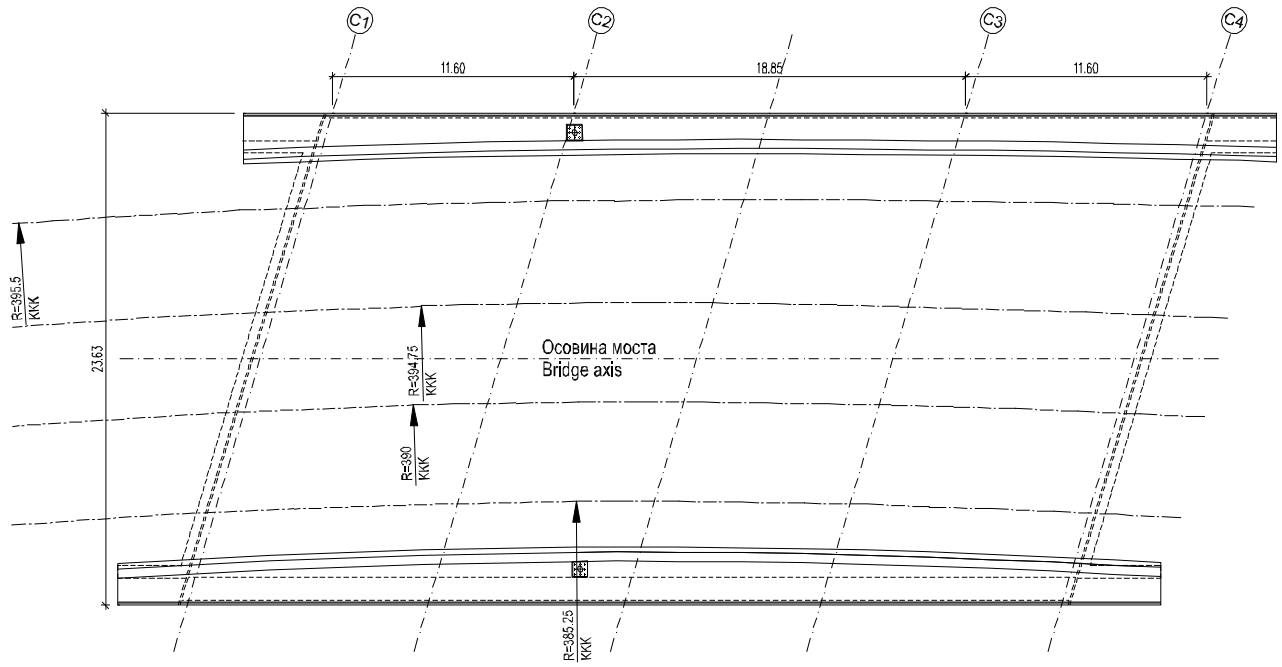
10.3.3 Контрола наглавне греде на пробој / Punching control 207
10.4 Шипови / Piles.....210
10.4.1 Силе у нивоу базе шипа / Reactions.....210
10.4.2 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces 213
10.4.3 Димензионисање шипова / Design 223
10.4.4 Контрола напона у шиповима / Stress control.....227

1 УЛАЗНИ ПОДАЦИ / INPUT DATA

1.1 ДИСПОЗИЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ / STRUCTURE LAYOUT

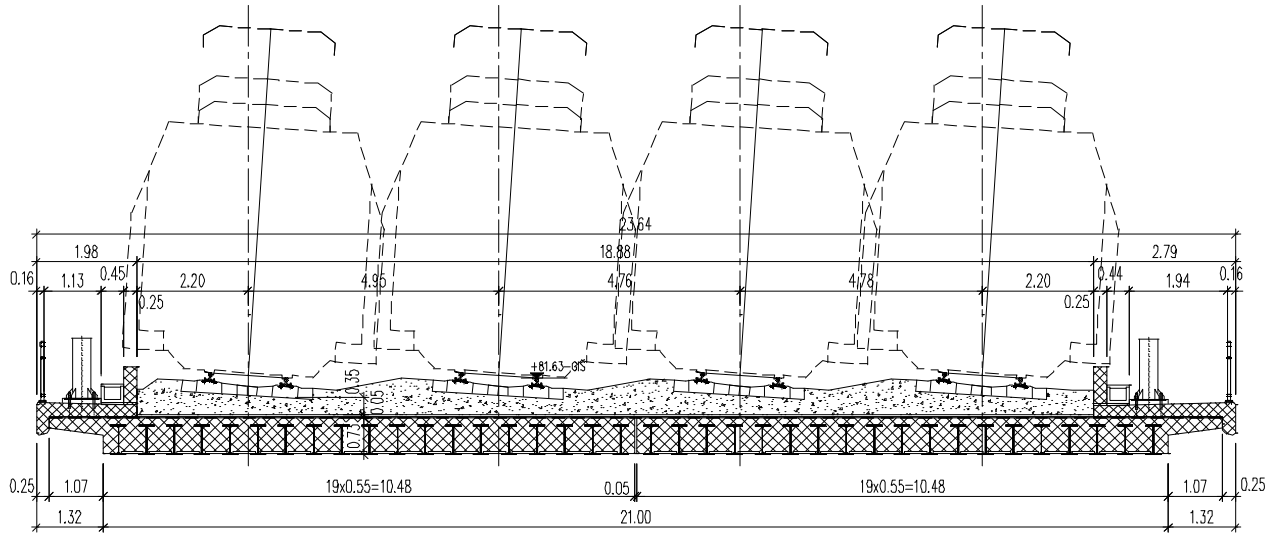
Основа конструкције

Plan view

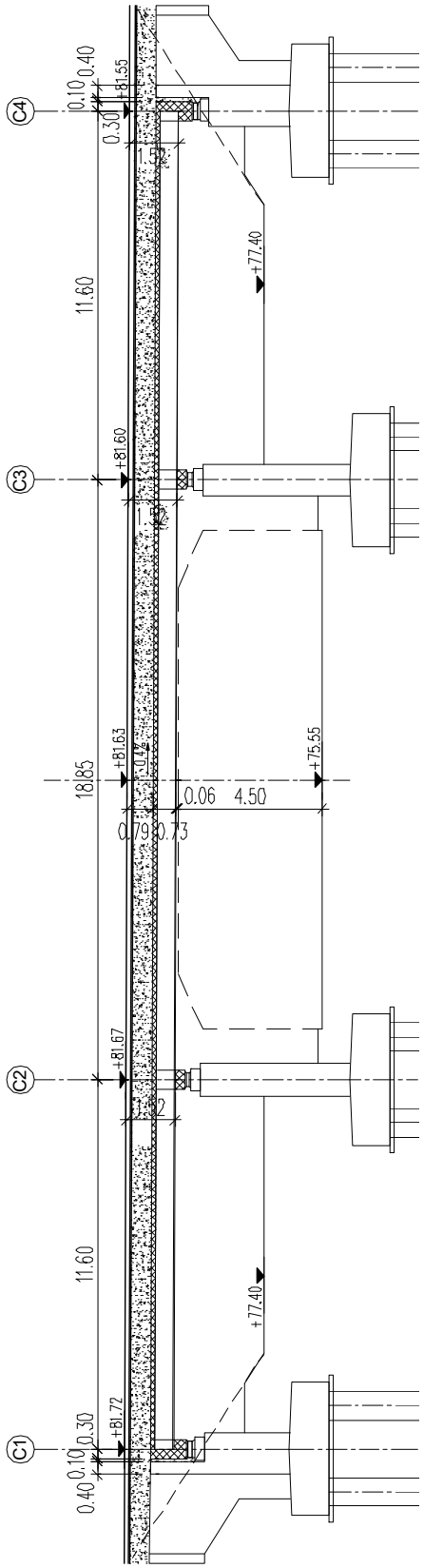


Карактеристичан попречни пресек

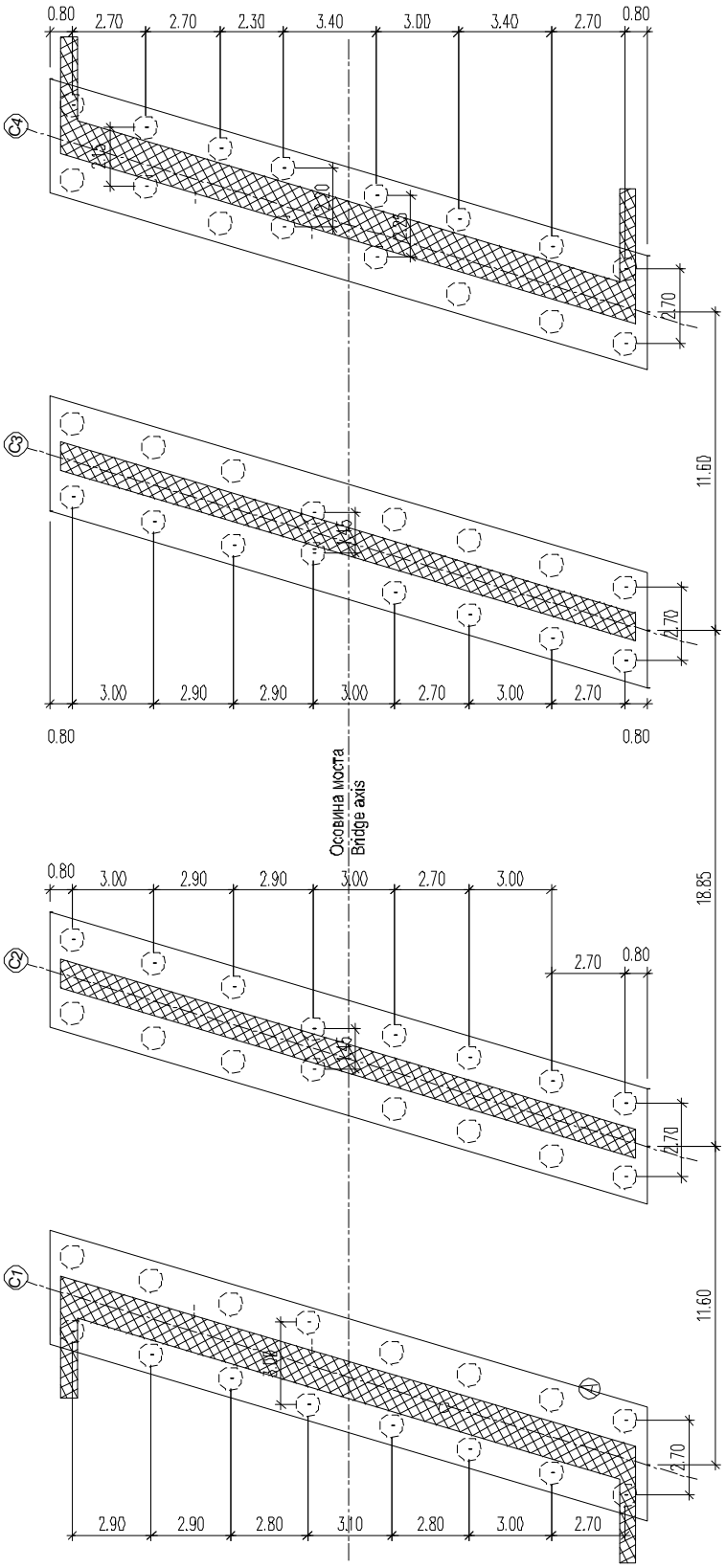
Characteristic cross section



Подужни пресек
Longitudinal section



Основа стубова и темеља
Pier and foundation layout



1.2 КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА / MATERIAL PROPERTIES

1.2.1 Челична конструкција / Structural steel

Материјал челичне конструкције главног носача је из групе S355. Избор материјала у скалду са EN1993-1-10.

Steel grade S355 is considered for the main girder. Selection of materials according to EN1993-1-10.

Table 2.1: Maximum permissible values of element thickness t in mm

Steel grade	Sub-grade	KV		Reference temperature T_{Ed} [°C]																					
		at T [°C]	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
				$\sigma_{Ed} = 0{,}75\ f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0{,}50\ f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0{,}25\ f_y(t)$							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

Усвојено / Adopted: **S355J2+M** (t≤35mm)

Граница развлачења / Yield strength f_y =35.5kN/cm^2, t≤40mm

Затезна чврстоћа / Ultimate strength f_u =51.0kN/cm^2, t≤40mm

Модул еластичности / Modulus of elasticity E_a=2.10×10^4 kN/cm^2

Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_a=0.3

Коеф. температурног издужења / Coefficient of linear thermal expansion $\alpha_{t,a}$=1.2×10^{-5}

1.2.2 Арматурни челик / Reinforcing steel

Арматура B500C (СРПС ЕН 1992-1-1, 3.2, прилог Ц)

Reinforcement B500C (SRPS EN 1992-1-1, 3.2, Annex C)

Граница развлачења / Characteristic yield strength f_{yk}=500 N/mm^2

Модул еластичности / Modulus of elasticity E_s=200000 N/mm^2

Ради поједностављења у прорачуну коришћено E_s=210000 N/mm^2 (СРПС ЕН 1994-2, 3.2(2)).

In order to simplify, for calculation is used E_s=210000 N/mm^2 (SRPS EN 1994-2, 3.2(2)).

1.2.3 Бетон / Concrete

Карактеристике материјала према стандарду СРПС ЕН 1992-1-1, Поглавља 3 и 4 и Прилог Е, и СРПС ЕН 1992-1-1/НА.

Mechanical properties of the concrete elements of the bridge adopted according to SRPS EN 1992-1-1, Chapters 3 and 4, Appendix E and National annex SRPS EN 1992-1-1/NA.

f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2
$f_{ctk,\ 0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2
$f_{ctk,0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34

Коловозна плоча и попречни носачи:
Deck and cross girders:
C35/45 класе изложености XC3, XD1, XF1

Ревизиона стаза:
Non-public footpath:
C30/37 класе изложености XC3, XD1, XF1

Средњи и обални стубови:
Abutments and piers:
C30/37 класе изложености XC4, XD3, XA1, XF2

Наглавне греде и шипови:
Pile caps and piles:
C25/30 класе изложености XC2, XA1

Поасонов коефицијент / Poisson's ratio $\nu_c=0.2$

Коеф. температурног издужења / Coefficient of linear thermal expansion $\alpha_{t,c}=1.0\cdot10^{-5}$

Најмања дебљина заштитног слоја бетона (СРПС ЕН 1992-1-1, 4.4.1.2)
Minimum concrete cover (SRPS EN 1992-1-1, 4.4.1.2)

$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

$c_{min} = \max \{c_{min,b};\ c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add};\ 10\ mm\}$

$c_{min,b} = Ø=25$ mm

Прорачунски експлоатациони век конструкције 100 година, плочасти елементи, контрола квалитета производње бетона.
Design working life of a structure is 100 years, member with slab geometry and quality control of the concrete production ensured.

S4+2-1-1-1=S3 $c_{min,\ dur}$ = 30 mm – арматура у коловозној плочи / reinforcement in deck
S4+2-1-1-1=S3 $c_{min,\ dur}$ = 40 mm – арматура у стубовима / reinforcement in abutments and piers
$\Delta c_{dur,\ \gamma}$ = 0 mm
$\Delta c_{dur,st}$ = 0 mm
$\Delta c_{dur,add}$ = 0 mm
c_{min} = 30 mm – арматура у коловозној плочи / reinforcement in deck
c_{min} = 40 mm – арматура у стубовима / reinforcement in abutments and piers
Δc_{dev} = 10 mm
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$=40 mm – арматура у коловозној плочи / reinforcement in deck
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$=50 mm – арматура у стубовима / reinforcement in abutments and piers
$c_{nom} = k_2$=75 mm – обални стубови, наглавне греде и шипови (СРПС ЕН 1992-1-1,4.4.1.3(4)) / abutments, pile caps and pils (SRPS EN 1992-1-1,4.4.1.3(4))

1.2.4 Парцијални коефицијенти сигурности за материјале / Partial safety factors for materials

Парцијални коефицијенти према стандарддима: СРПС ЕН 192-1-1, СРПС ЕН 1993-2, СРПС ЕН 1993-1-9, СРПС ЕН 1994-2.

Partial safety factors for materials according to standards: SRPS EN 1992-1-1, SRPS EN 1993-2, SRPS EN 1993-1-9 and SRPS EN 1994-2.

1.2.4.1 Челик / Steel

Гранично стање носивости (СРПС ЕН 1993-2, 6.1 Табела 6.1):

Ultimate Limit State (ULS) (SRPS EN 1993-2, 6.1 Table 6.1):

Препоручене вредности за мостове / Recommended values for bridges

$\gamma_{M0} = 1{,}00$ $\gamma_{M2} = 1{,}25$ $\gamma_{M3,ser} = 1{,}10$ $\gamma_{M5} = 1{,}10$

$\gamma_{M1} = 1{,}10$ $\gamma_{M3} = 1{,}25$ $\gamma_{M4} = 1{,}10$ $\gamma_{M6,ser} = 1{,}00$ $\gamma_{M7} = 1{,}10$

Гранично стање употребљивости (СРПС ЕН 1993-2, 7.3):

Serviceability Limit State (SLS) (SRPS EN 1993-2, 7.3):

Препорука / Recommended $\gamma_{M,ser}$=1.00

Кнтрола отпорности на замор (СРПС ЕН 1993-1-9, 3 Табела 3.1):

Factors for fatigue strength (SRPS EN 1993-1-9, 3 Table 3.1):

Assessment method	Consequence of failure	
	Low consequence	High consequence
Damage tolerant	1,00	1,15
Safe life	1,15	1,35

1.2.4.2 Бетон и арматура

Гранично стање носивости (СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4):

Ultimate Limit State (ULS) (SRPS EN 1992-1-1, 2.4.2.4):

Design situations	γ_C for concrete	γ_S for reinforcing steel	γ_S for prestressing steel
Persistent & Transient	1,5	1,15	1,15
Accidental	1,2	1,0	1,0

Гранично стање употребљивости (СРПС ЕН 1992-1-1/НА Тачка 2.8):

Serviceability Limit State (SLS) (SRPS EN 1992-1-1/NA Clause 2.8):

Препорука / Recommended γ_c=1.00 γ_s=1.00.

Контрола отпорности на замор

Fatigue verification

Приликом верификације замора, за вредности $\gamma_{C,fat}$ и $\gamma_{S,fat}$, усвајају се препоручене вредности парцијалних коефицијената за сталне прорачунске ситуације (СРПС ЕН 1992-1-1/НА Тачка 2.7).

For fatigue verification the partial factors $\gamma_{C,fat}$ and $\gamma_{S,fat}$, is recommendet factors for persistent design situations (SRPS EN 1992-1-1/HA Тачка 2.7).

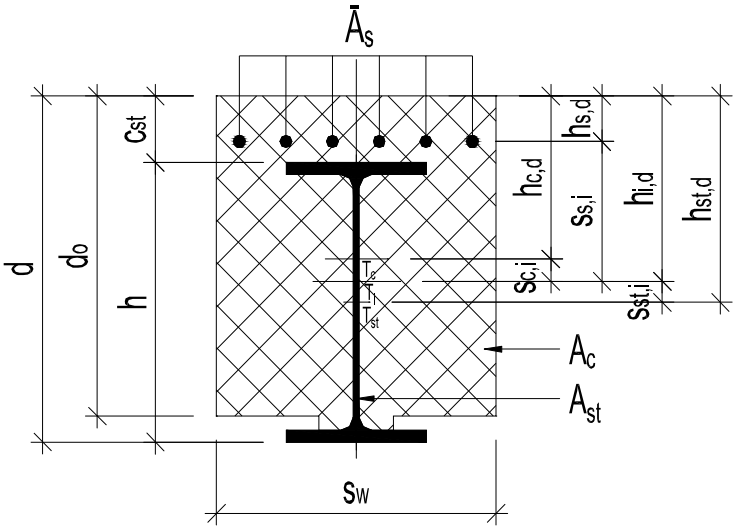
1.3 ГЕОМЕТРИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ / SECTION PROPERTY

1.3.1 I Фаза – челични носачи од ваљаних профила HEA 600 / I Phase – steel girders of rolled section HEA 600

	set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]
у пољу	**1**	74	226	352	141208	59
над ослонцем	**2**	74	226	352	141208	59

1.3.2 II Фаза – спрегнут пресек / II Phase – composite girders (filler beam)

1.3.2.1 Геометријске карактеристике неиспрскалог бетонског пресека E_aI_1 / Section property of uncracked section E_aI_1



$$h_{i,d} = \frac{(n-1)\cdot(A_{st}\cdot h_{st,d} + \bar{A}_s \cdot h_{s,d}) + A_c \cdot d_0/2}{(n-1)\cdot(A_{st} + \bar{A}_s) + A_c}$$

set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	$h_{st,d}$ [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]	c_{st} [cm]	$h_{c,d}$ [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{s,d}$ [cm]
1	74	226	352	141208	59	44,5	67,5	55	3581	1379674	15	34,1	0	0
2	74	226	352	141208	59	44,5	67,5	55	3581	1379674	15	34,1	29,46	7,95

	Kratkotrajna opterećenja n_i= 6					
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	823	36,62	-7,88	2,49	0,00	388899
2	852	35,75	-8,75	1,62	27,80	390839

	Dugotrajna opterećenja n_v= 18					
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	425	39,50	-5,00	5,37	0,00	229251
2	454	37,50	-7,00	3,37	29,55	232093

1.3.2.2 Геометријске карактеристике испрскалог бетонског пресека E_aI_2 / Section property of cracked section E_aI_2

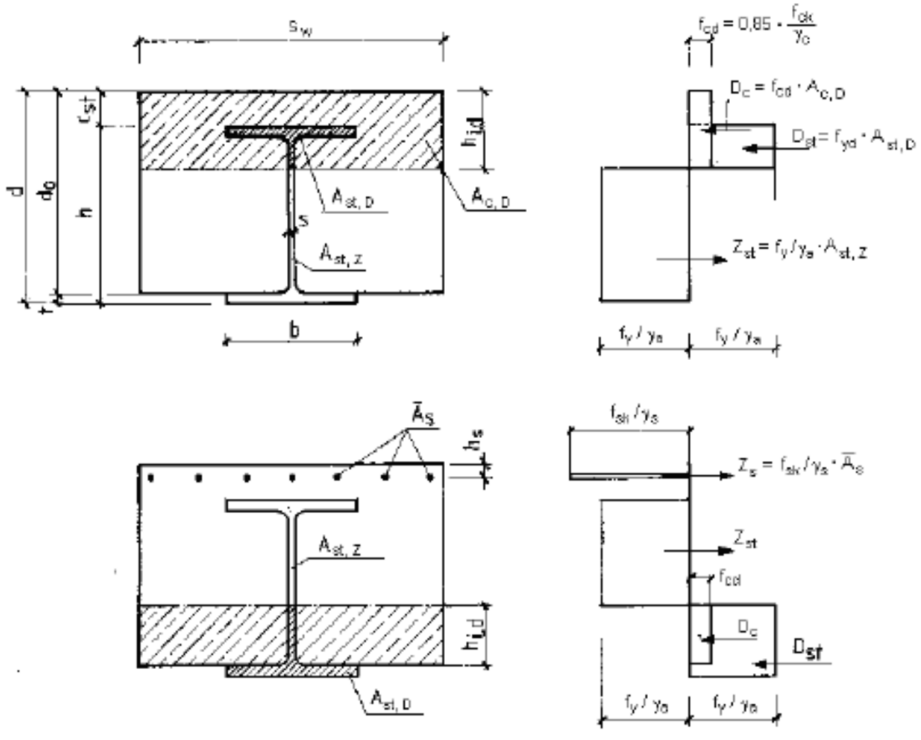
C35/45 → f_{cd}= 1.9833 kN/cm^2

α= 0.0615 β= 1.3472

S355 → f_y= 35.5 kN/cm^2

f_s= 50 kN/cm^2

$D_c = 0{,}85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot s_w \cdot h_{i,d}$	$D_c = 0{,}85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot s_w \cdot h_{i,d}$
$D_{st,\,Flan} = \left(\frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 - 0{,}85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}\right) \cdot t \cdot b$	$D_{st,\,Flan} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot t \cdot b$
$D_{st,\,Steg} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot s \cdot \left(h_{i,d} - c_{st} - t\right)$	$D_{st,\,Steg} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot s \cdot h_{i,d}$
$Z_{st,\,Träger} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot A_{st}$	$Z_{st,\,Träger} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot A_{st}$
$\alpha = \frac{f_{cd}}{(f_y / \gamma_a)}$	$\beta = \frac{(f_{sk} / \gamma_s)}{(f_y / \gamma_a)}$
7 cm $\le c_{st} \le h_{i,d} - t$ (1) $c_{st} \le h/2 \le 30$ cm (2)	7 cm $\le c_{st} \le h_{i,d} - t$ (1) $c_{st} \le h/2 \le 30$ cm (2)
$h_{i,d} = \frac{A_{st} + 2\left[s \cdot (c_{st} + t) - b \cdot t\right] + \alpha \cdot b \cdot t}{2 \cdot s + \alpha \cdot s_w}$ $\ge c_{st} + t$	$h_{i,d} = \frac{A_{st} + \overline{A}_s \cdot \beta - 2 \cdot b \cdot t}{2 \cdot s + \alpha \cdot s_w}$



set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	b [cm]	t [cm]	s [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	c_{st} [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{i,d}$ [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]
1	74	226	352	141208	59	30	2,5	1,3	67,5	55	15	0	21,09	1160	42984
2	74	226	352	141208	59	30	2,5	1,3	67,5	55	15	29,46	19,35	932	33185

	Kratkotrajna opterećenja n_i= 6				
set	A_i [cm^2]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	419	23,41	10,54	0,00	293736
2	411	7,65	9,67	40,20	222132

	Dugotrajna opterećenja n_V= 18				
set	A_i [cm^2]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	290	23,41	10,54	0,00	274632
2	307	7,65	9,67	40,20	208755

Прорачун статичких утицаја спроведен је применом еластичне анализе, уз занемаривање прерасподеле статичких утицаја услед појаве прслина у бетону (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(4)). Геометријске карактеристике попречних пресека главног носача за прорачун статичких утицаја одређене су као средња вредност крутости на савијање неиспрскалог и испрскалог пресека $E_aI_{eff}=0.5(E_aI_1+E_aI_2)$ (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.3(3), 5.4.2.9(4); UIC 773, 3.4.2).

Internal forces and moments are determined by elastic analysis, neglecting redistribution of moments and internal forces due to cracking of concrete, with section property of filler beam taken as $E_aI_{eff}=0.5(E_aI_1+E_aI_2)$ (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.3(3), 5.4.2.9(4); UIC 773, 3.4.2).

	n_i= 6	
set	$A_{i,eff}$ [m^2]	$I_{i,eff}$ [m^4]
1	0,0621	0,0034
2	0,0632	0,0031

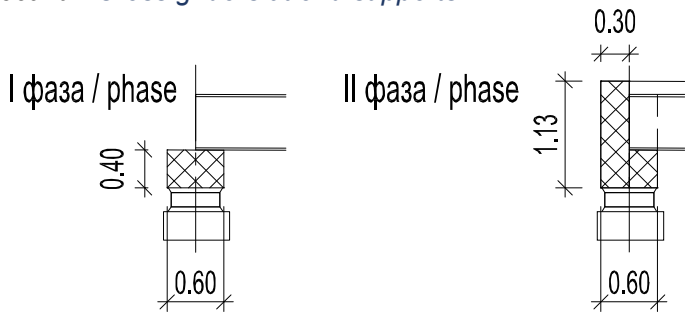
	n_V= 18	
set	$A_{i,eff}$ [m^2]	$I_{i,eff}$ [m^4]
1	0,0358	0,0025
2	0,0381	0,0022

Прорачунски модел коловозне конструкције са убетонираним носачима формиран је у виду роштиљног система, при чему је торзиона крутост челичних носача занемарена, док су крутост на савијање и торзиона крутост попречних елемената, којима је моделирана бетонска плоча између челичних носача, редуковане на 50% крутости неиспрскалог бетонског пресека (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(3)).

Filler beam deck was modeled as a plane grid with members having flexural and torsional stiffness where the torsional stiffness of the steel section is neglected, and the flexural and torsional stiffness of the transverse concrete members is 50 % of the the uncracked stiffness (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(3)).

1.3.2.3 Попречни носачи / Cross girders

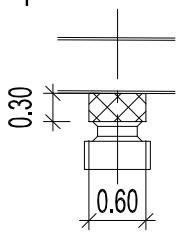
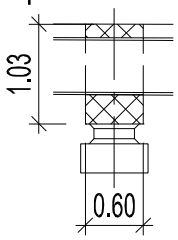
Ослоначки попречни носачи / Cross girders at end supports



Ослоначки попречни носачи у прорачунски модел унети су са стварном геометријом, према приложеној скици, и са карактеристикам материјала које одговарају бетону C35/45.

Cross girders at and supports are modeled with the actual geometry, according to the figure, and with material properties corresponding to concrete C35/45.

Средњи попречни носачи / Cross girders at mid supports

I фаза / phase	II фаза / phase
	
стварна геометрија према скици geometry according to figure карактеристике материјала одговарају бетону C35/45 material properties corresponding to concrete C35/45 Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.2	стварна геометрија према скици geometry according to figure карактеристике материјала одговарају бетону C35/45 material properties corresponding to concrete C35/45 Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.0 ULS Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.2 SLS

Коловозна плоча између главних носача / Concrete deck as a transverse concrete member

Бетонска плоча између главних носач моделирана је као низ попречних носача, постављених на међусобном растојању од 0.8 до 1.4m. Овако формирани носачи унети су у прорачунски модел са стварном геометријом попречног пресека, али су торзиона крутост и крутост на савијање редуковане на 50% крутости неиспрскалог бетонског пресека (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(3)).

The concrete slab between the main girders was modeled as a series of transverse girders, placed at a distance of 0.8 to 1.4 m from each other. These cross girders was model with actual geometry, and with the reduced flexural and torsional stiffness to 50% of the the uncracked stiffness (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(3)).

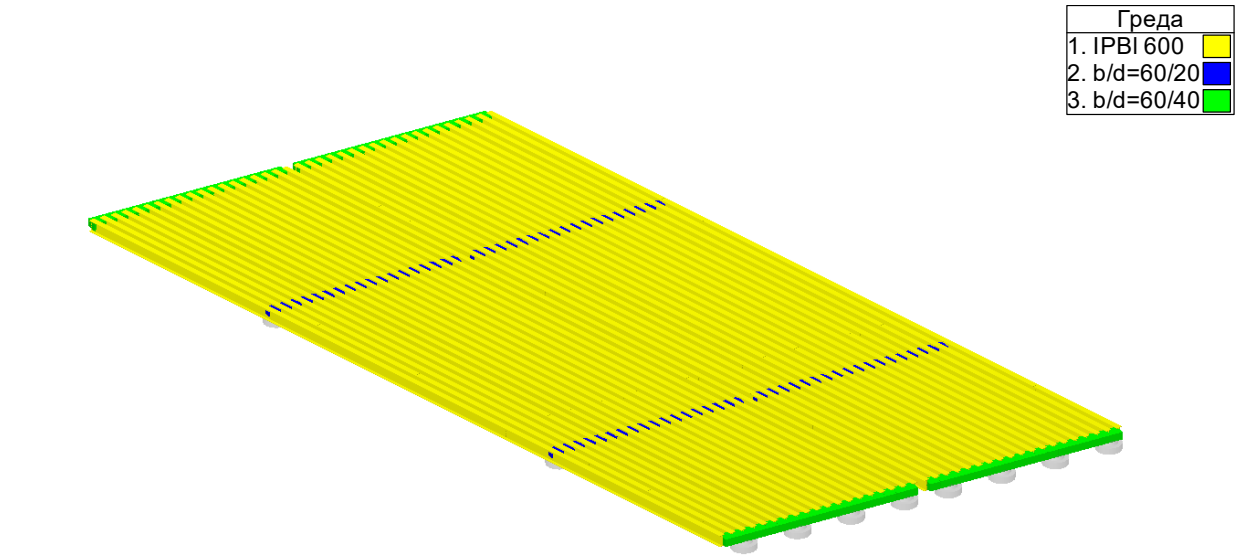
Карактеристике материјала одговарају бетону C35/45

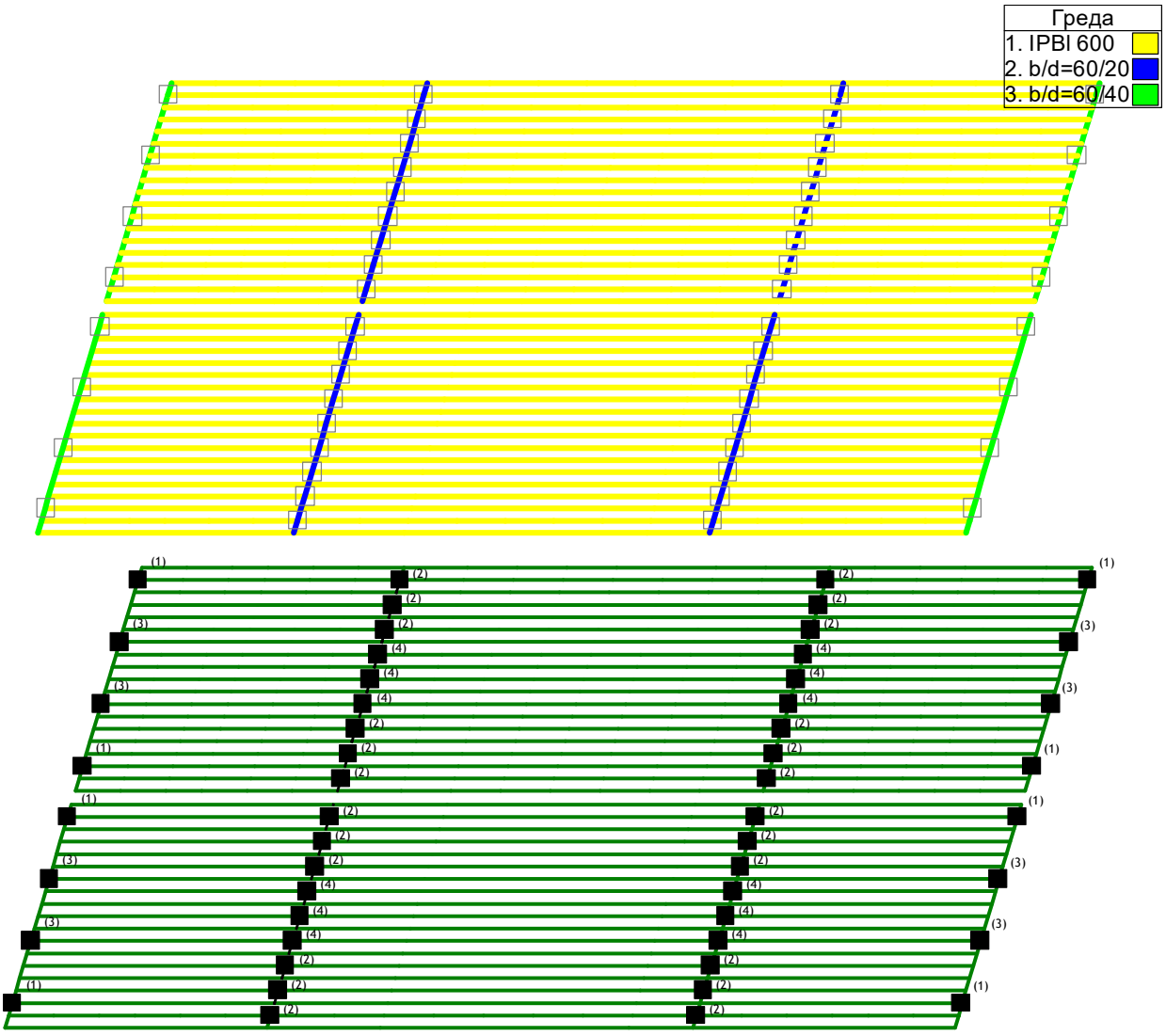
Material properties corresponding to concrete C35/45

Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.0 ULS
Поасонов коефицијент / Poisson's ratio ν_c=0.2 SLS

1.4 ПРОРАЧУНСКИ МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИЈЕ / STRUCTURAL MODEL

1.4.1 I ФАЗА / I PHASE



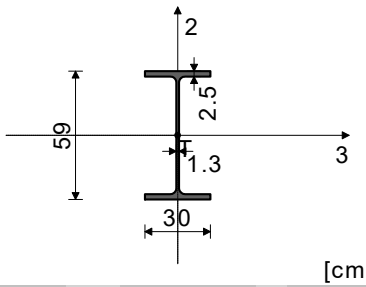


Табела материјала

No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]
		Em[kN/m2]	μm	αt[1/C]
1	Celik	2.100e+8	0.30	78.50
		2.100e+8	0.30	1.000e-5
2	Beton MB 45	3.500e+7	0.20	25.00
		3.500e+7	0.20	1.000e-5

Сетови греда

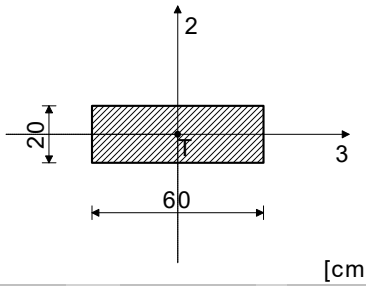
Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
1 - Celik	2.260e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-6	1.127e-4	1.412e-3

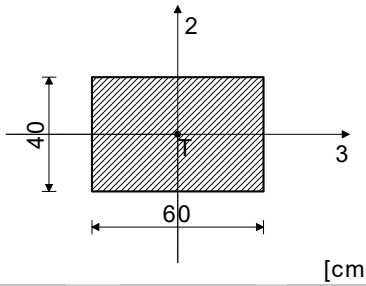
Сет: 2 Пресек: b/d=60/20, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Beton MB 45	1.200e-1	1.000e-1	1.000e-1	1.264e-3	3.600e-3	4.000e-4

Сет: 3 Пресек: b/d=60/40, Фиктивна ексцентричност

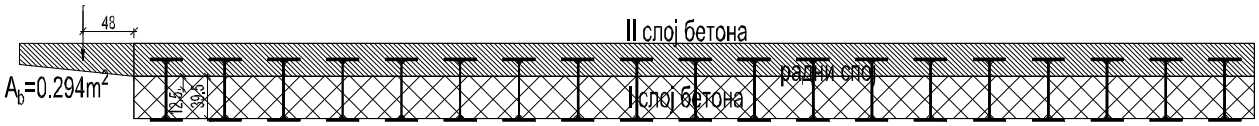


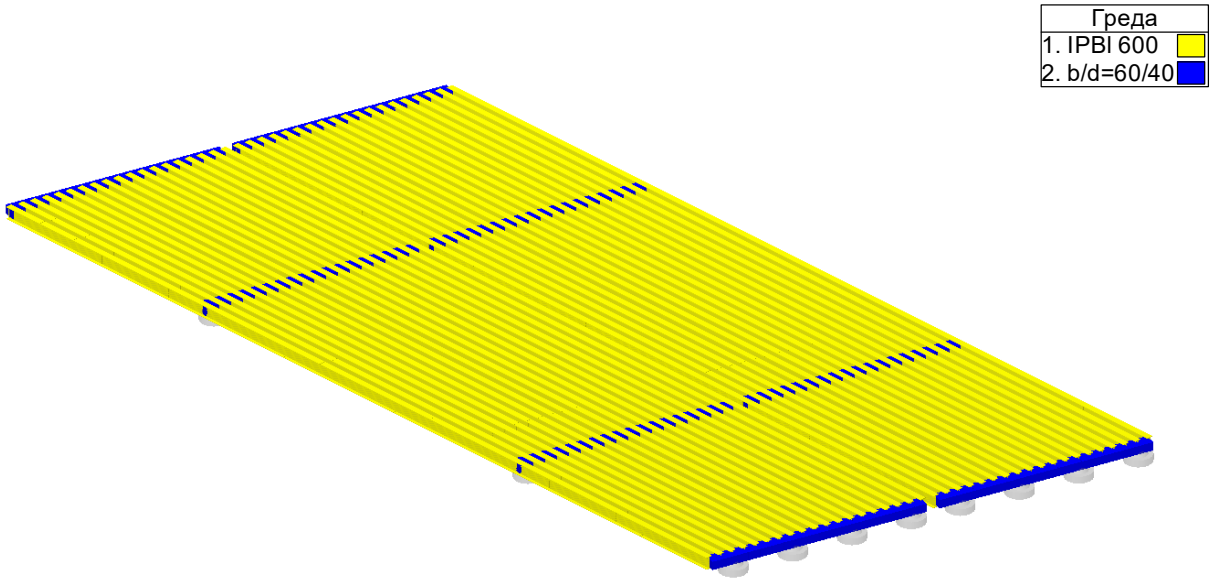
[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Beton MB 45	2.400e-1	2.000e-1	2.000e-1	7.512e-3	7.200e-3	3.200e-3

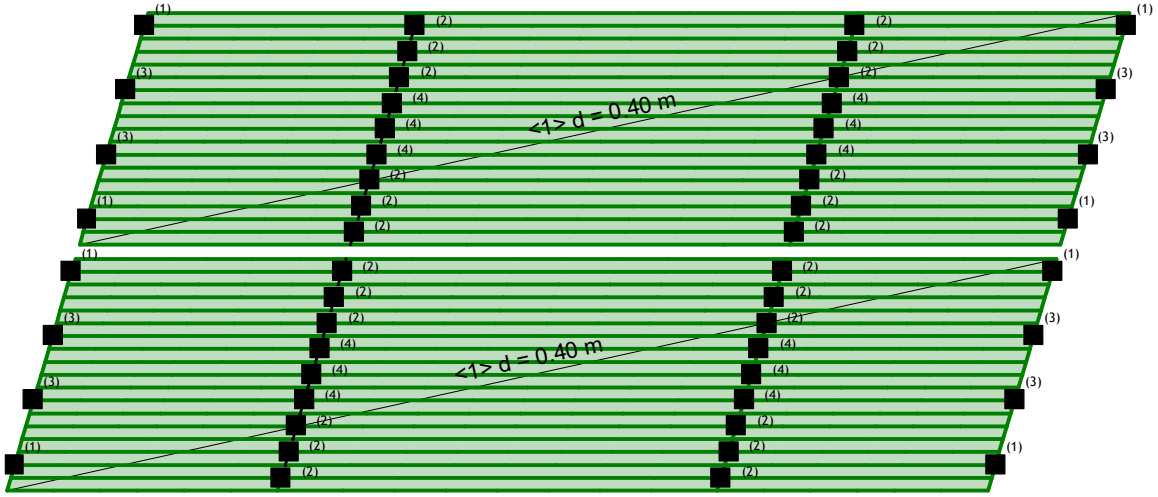
Сетови тачкастих ослонаца

Сет	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			1.000e+10			
2	1.000e+10		1.000e+10			
3		1.000e+10	1.000e+10			
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			





Сетови нумеричких података
Греда (1,2)



Табела материјала

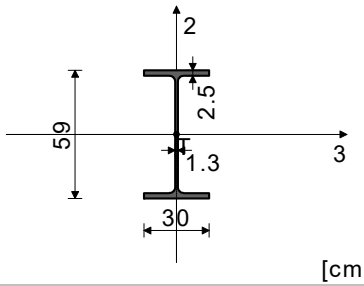
No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]
		Em[kN/m2]	μm	αt[1/C]
1	Beton MB 45	1.750e+7 1.750e+7	0.00 0.00	0.00 1.000e-5
2	Celik	2.100e+8 2.100e+8	0.30 0.30	78.50 1.000e-5
3	Beton MB 45	3.500e+7 3.500e+7	0.20 0.20	25.00 1.000e-5

Сетови плоча

No	d[m]	e[m]	Материјал	Тип прорачуна	E2[kN/m2]
			α	Ортотропија	G[kN/m2]
<1>	0.400	0.130	1	Танка плоча Изотропна	

Сетови греда

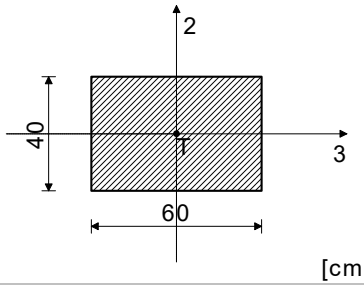
Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	2.260e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-6	1.127e-4	1.412e-3

Сет: 2 Пресек: b/d=60/40, Фиктивна ексцентричност

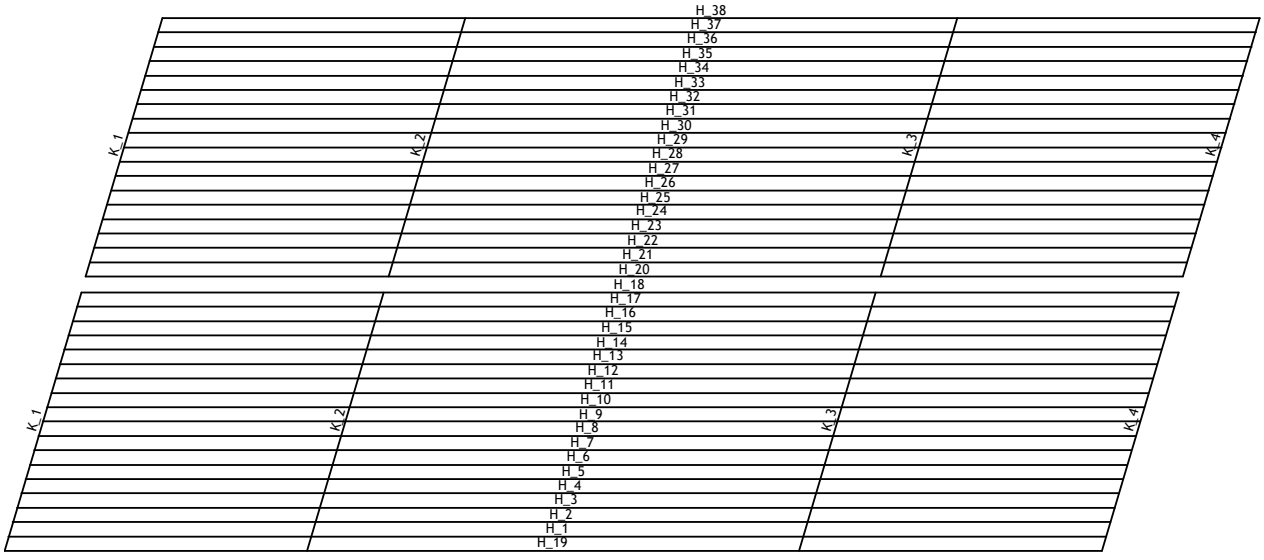


[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45	2.400e-1	2.000e-1	2.000e-1	7.512e-3	7.200e-3	3.200e-3

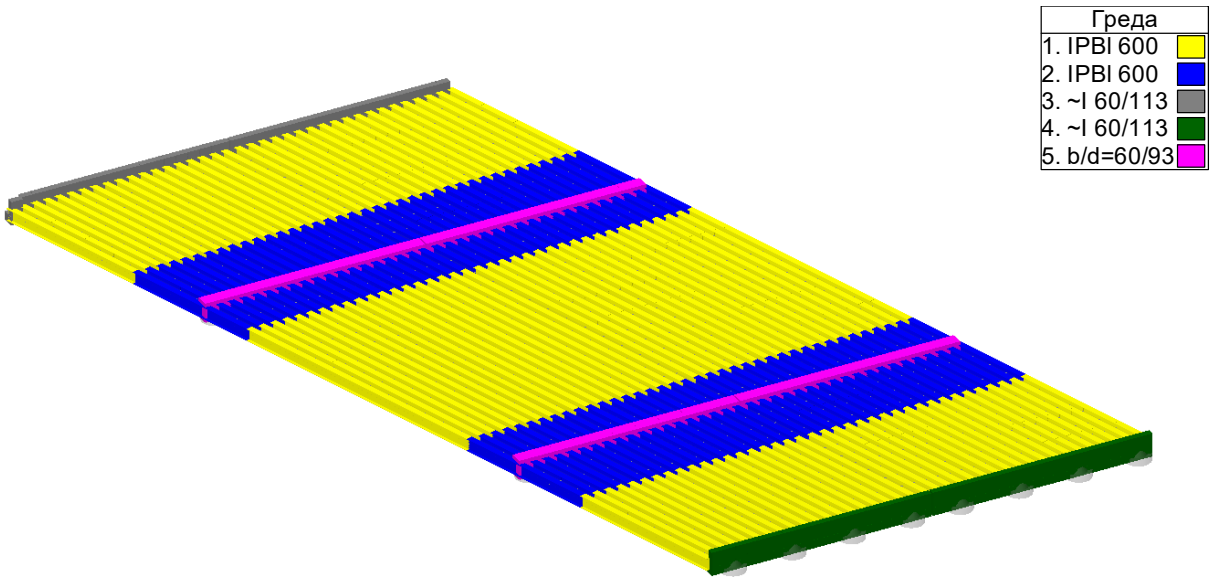
Сетови тачкастих ослонаца

Сет	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			1.000e+10			
2	1.000e+10		1.000e+10			
3		1.000e+10	1.000e+10			
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			

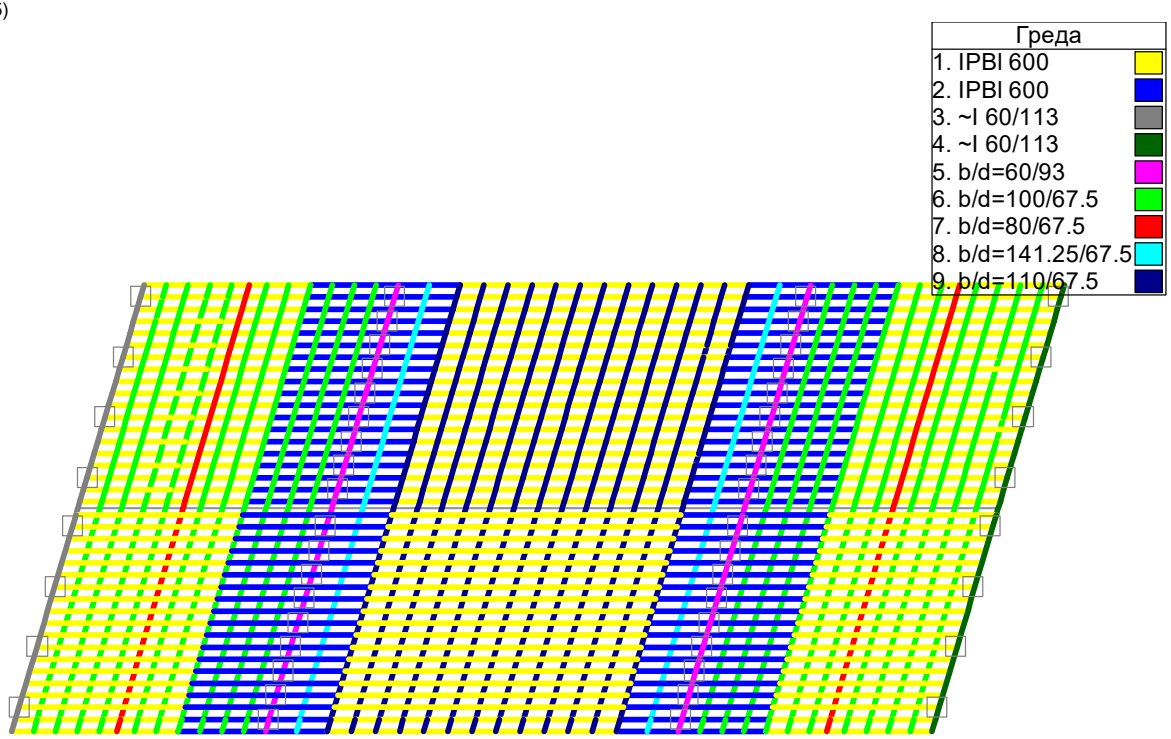


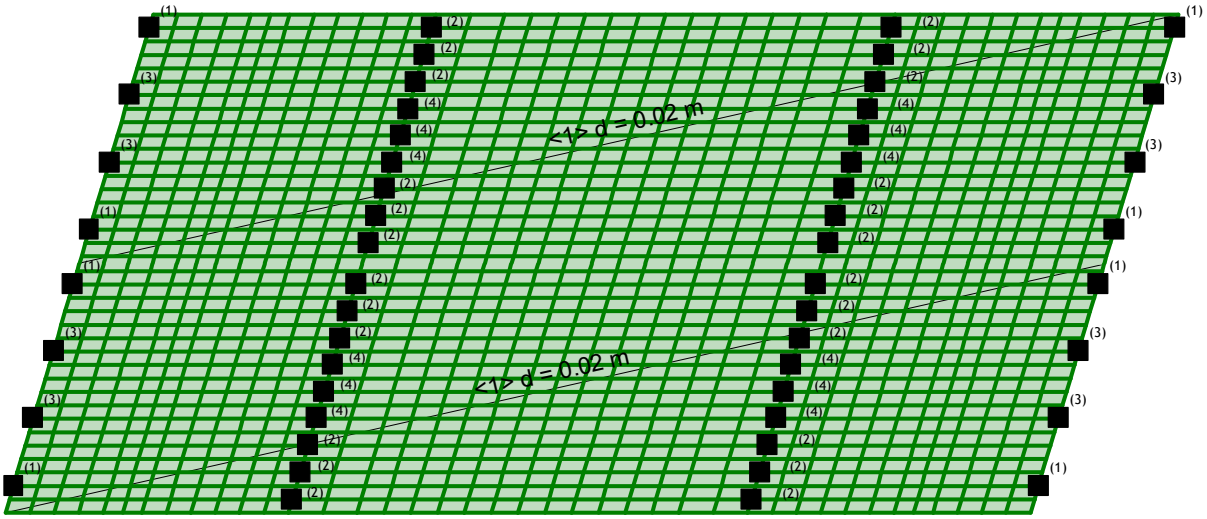
Диспозиција рамова

1.4.2 II ФАЗА / II PHASE



Сетови нумеричких података
Греда (1-5)





Табела материјала

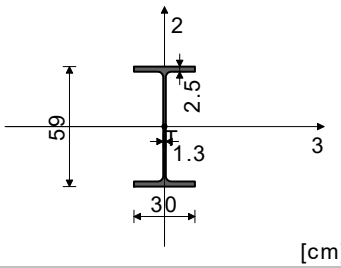
No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]
		Em[kN/m2]	μm	αt[1/C]
1	Beton MB 45	1.750e+7 1.750e+7	0.00 0.00	0.00 1.000e-5
2	Celik	2.100e+8 2.100e+8	0.30 0.30	78.50 1.000e-5
3	Beton MB 45	3.500e+7 3.500e+7	0.20 0.20	25.00 1.000e-5
4	Beton MB 45	3.500e+7 3.500e+7	0.00 0.20	0.00 1.000e-5

Сетови плоча

No	d[m]	e[m]	Материјал	Тип прорачуна	E2[kN/m2]
			α	Ортотропија	G[kN/m2]
<1>	0.020	0.010	1	Танка плоча Изотропна	

Сетови греда – за n_v=18

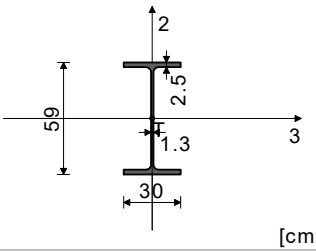
Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	3.570e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	2.480e-3

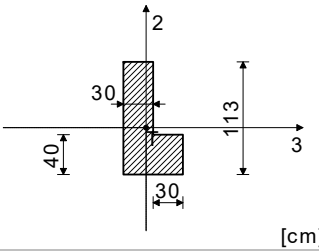
Сет: 2 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	3.810e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	2.190e-3

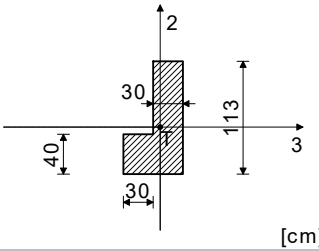
Сет: 3 Пресек: ~I 60/113, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45	4.590e-1	3.337e-1	3.344e-1	1.937e-2	1.142e-2	4.948e-2

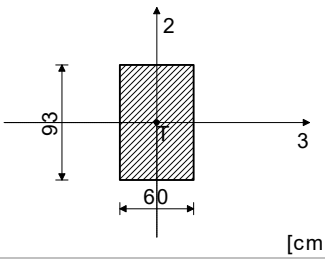
Сет: 4 Пресек: ~I 60/113, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45	4.590e-1	3.337e-1	3.344e-1	1.937e-2	1.142e-2	4.948e-2

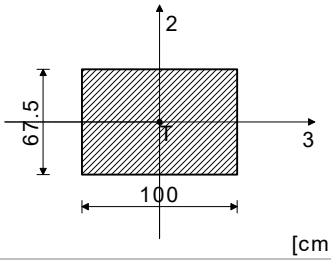
Сет: 5 Пресек: b/d=60/93, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	5.580e-1	4.650e-1	4.650e-1	4.014e-2	1.674e-2	4.022e-2

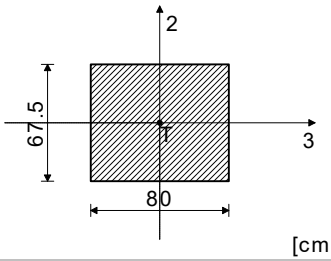
Сет: 6 Пресек: b/d=100/67.5, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	3.375e-1	5.625e-1	5.625e-1	2.984e-2	2.813e-2	1.281e-2

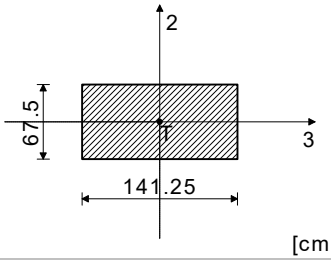
Сет: 7 Пресек: b/d=80/67.5, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	2.700e-1	4.500e-1	4.500e-1	2.013e-2	1.440e-2	1.025e-2

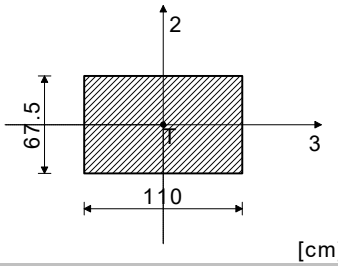
Сет: 8 Пресек: b/d=141.25/67.5, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	4.767e-1	7.945e-1	7.945e-1	5.070e-2	7.926e-2	1.810e-2

Сет: 9 Пресек: b/d=110/67.5, Фиктивна ексцентричност

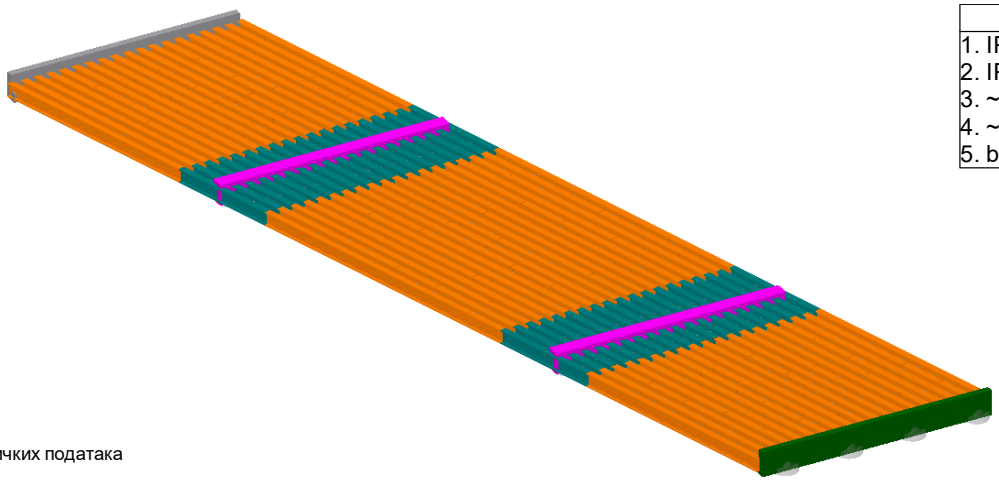


[cm]

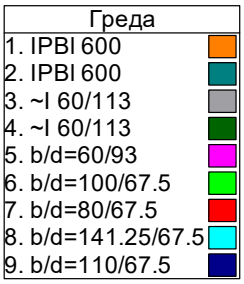
Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	3.713e-1	6.188e-1	6.188e-1	3.484e-2	3.743e-2	1.410e-2

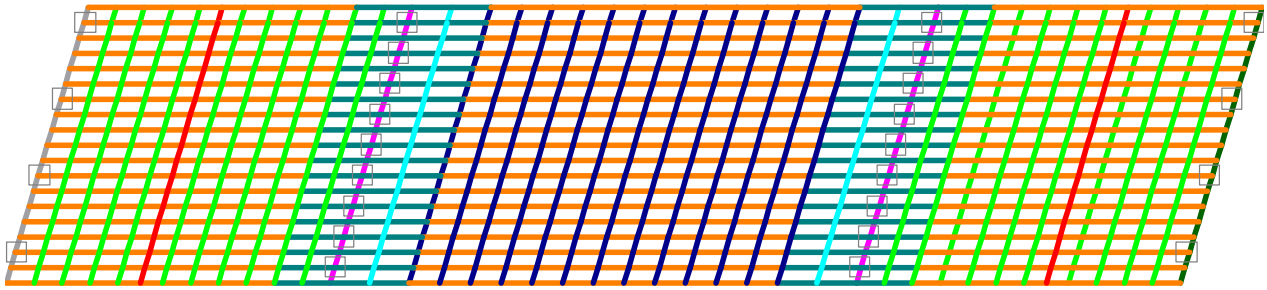
Сетови тачкастих ослонаца

Сет	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			1.000e+10			
2	1.000e+10		1.000e+10			
3		1.000e+10	1.000e+10			
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			



Сетови нумеричких података
Греда (1-5)
Ниво: [0.00 m]





Табела материјала

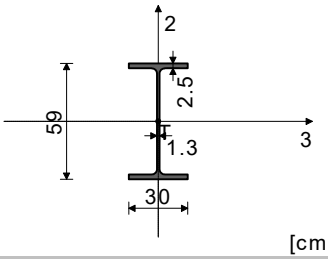
No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]
		Em[kN/m2]	μm	αt[1/C]
1	Beton MB 45	1.750e+7	0.00	0.00
		1.750e+7	0.00	1.000e-5
2	Celik	2.100e+8	0.30	78.50
		2.100e+8	0.30	1.000e-5
3	Beton MB 45	3.500e+7	0.20	25.00
		3.500e+7	0.20	1.000e-5
4	Beton MB 45	3.500e+7	0.00	0.00
		3.500e+7	0.20	1.000e-5

Сетови плоча

No	d[m]	e[m]	Материјал	Тип прорачуна	E2[kN/m2]
			α	Ортотропија	G[kN/m2]
<1>	0.020	0.010	1	Танка плоча Изотропна	

Сетови греда – за n_i=6

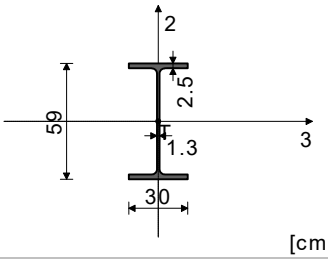
Сет: 1 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	6.190e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	3.360e-3

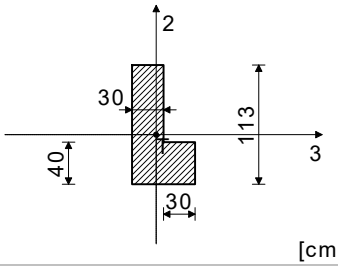
Сет: 2 Пресек: IPBl 600, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
2 - Celik	6.320e-2	9.275e-3	1.333e-2	3.990e-10	1.127e-4	3.050e-3

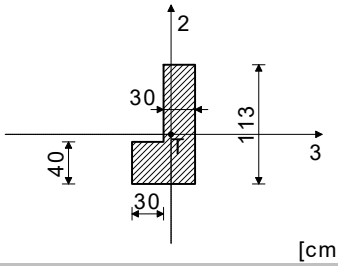
Сет: 3 Пресек: ~I 60/113, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45	4.590e-1	3.337e-1	3.344e-1	1.937e-2	1.142e-2	4.948e-2

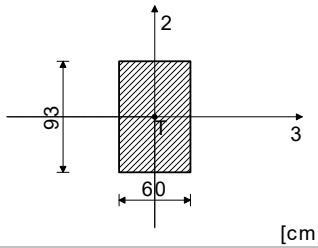
Сет: 4 Пресек: ~I 60/113, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
3 - Beton MB 45	4.590e-1	3.337e-1	3.344e-1	1.937e-2	1.142e-2	4.948e-2

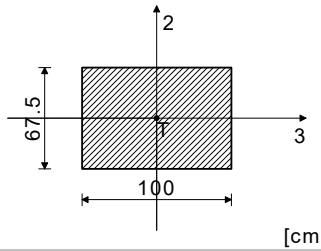
Сет: 5 Пресек: b/d=60/93, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	5.580e-1	4.650e-1	4.650e-1	4.014e-2	1.674e-2	4.022e-2

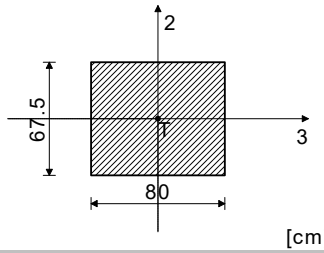
Сет: 6 Пресек: b/d=100/67.5, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	3.375e-1	5.625e-1	5.625e-1	2.984e-2	2.813e-2	1.281e-2

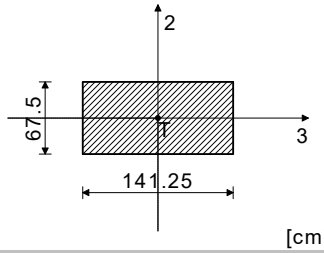
Сет: 7 Пресек: b/d=80/67.5, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	2.700e-1	4.500e-1	4.500e-1	2.013e-2	1.440e-2	1.025e-2

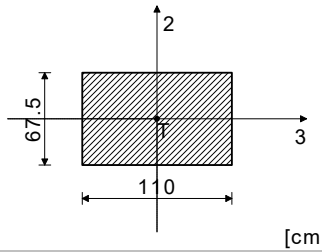
Сет: 8 Пресек: b/d=141.25/67.5, Фиктивна ексцентричност



[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	4.767e-1	7.945e-1	7.945e-1	5.070e-2	7.926e-2	1.810e-2

Сет: 9 Пресек: b/d=110/67.5, Фиктивна ексцентричност

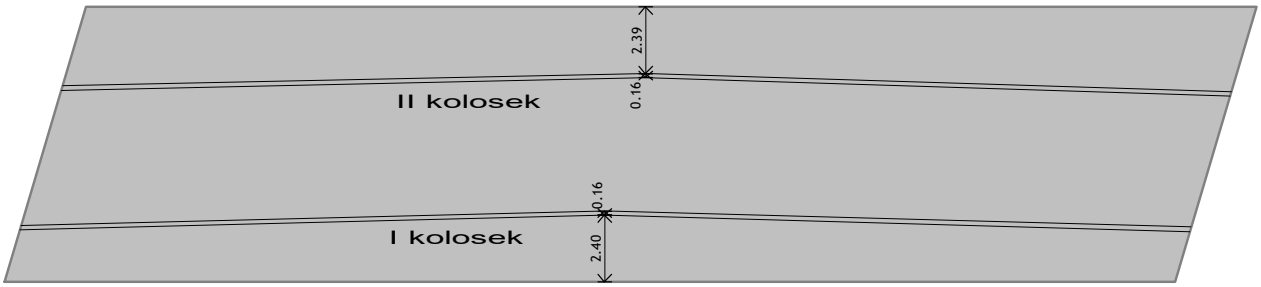


[cm]

Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 45	3.713e-1	6.188e-1	6.188e-1	3.484e-2	3.743e-2	1.410e-2

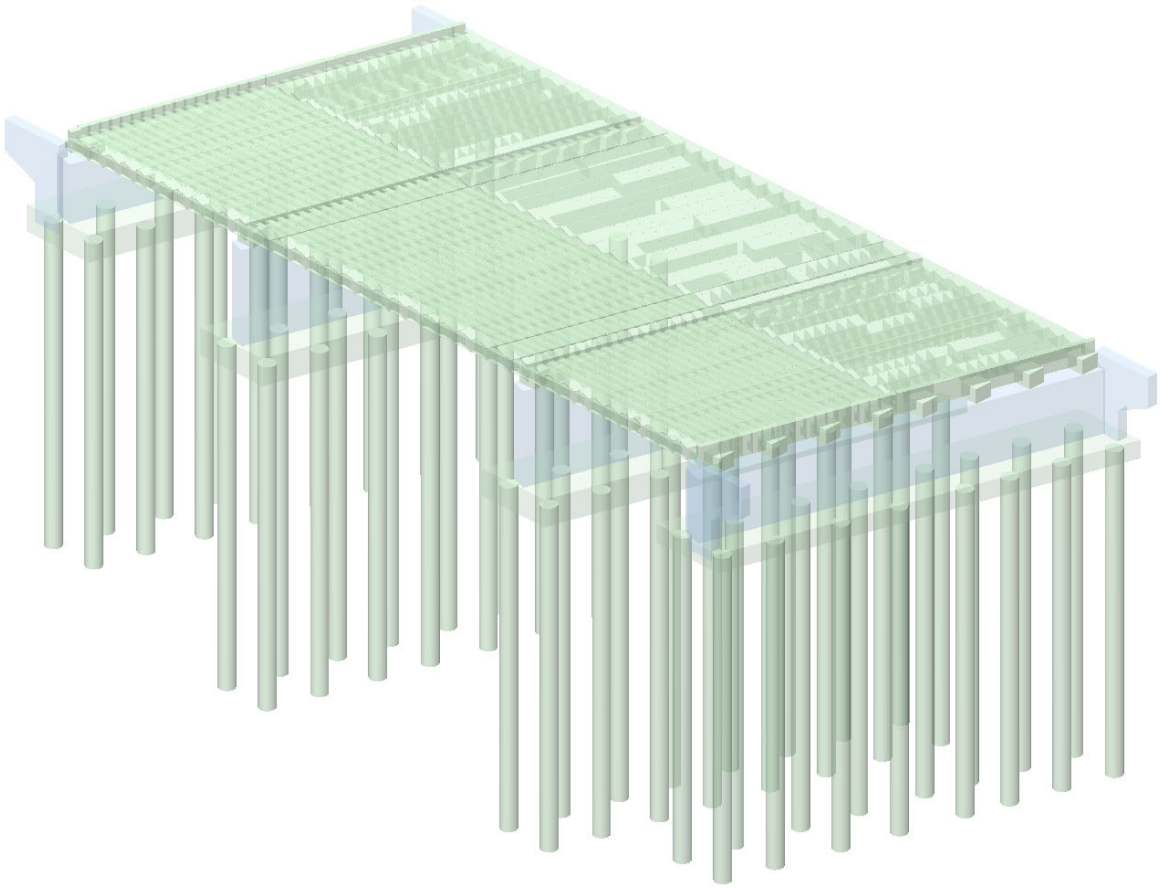
Сетови тачкастих ослонаца

Сет	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			1.000e+10			
2	1.000e+10		1.000e+10			
3		1.000e+10	1.000e+10			
4	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			

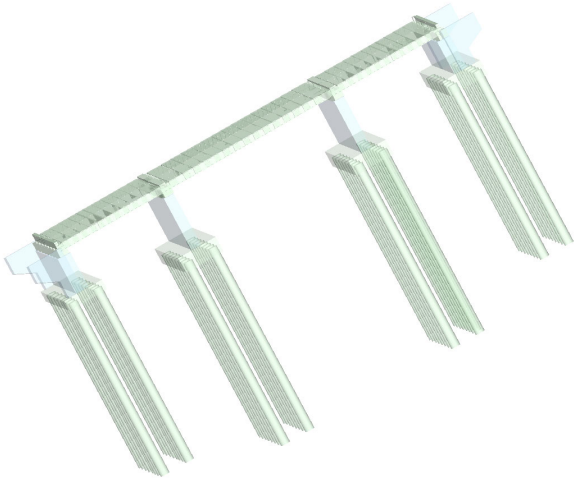


Ниво: [0.00 m]

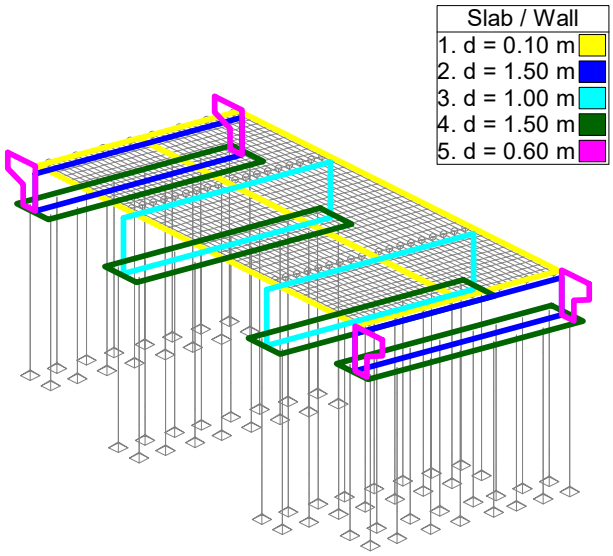
1.4.3 Просторни модел за анализу стубова и модалну анализу конструкције / FE model for global analysis



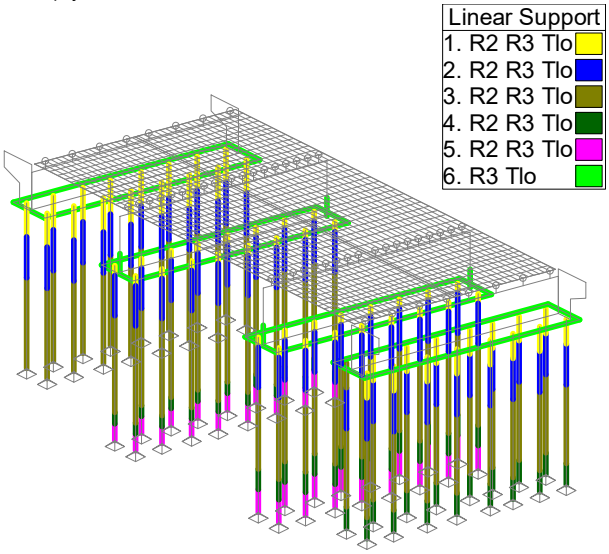
Изометрија



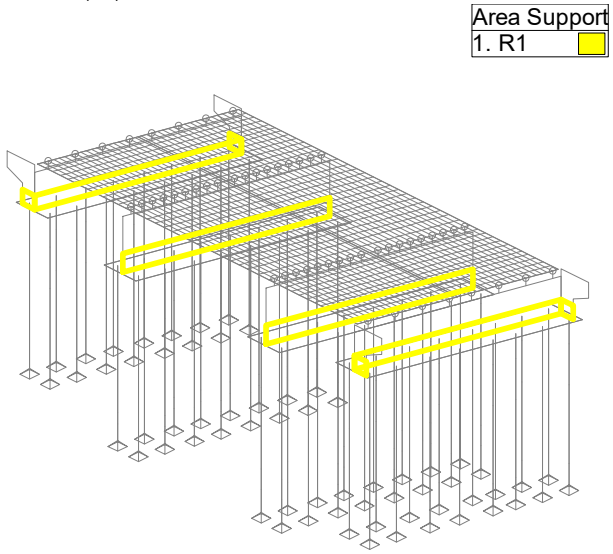
Изометрија



Numerical data set
Slab / Wall (1-5)



Numerical data set
Linear Support (1-6)



Numerical data set
Area Support (1)

Slab sets

No	t[m]	e[m]	Material	Analysis type	Orthotropy	E2[kN/m2]	G[kN/m2]	α	γ[kN/m3]
<1>	0.10	0.05	Beton MB 45	Thin slab	Isotrophy				0.001
<2>	1.500	0.750	Beton MB 35	Thin slab	Isotrophy				25.00
<3>	1.000	0.500	Beton MB 35	Thin slab	Isotrophy				25.00
<4>	1.500	0.750	Beton MB 30	Thin slab	Isotrophy				25.00
<5>	0.600	0.300	Beton MB 35	Thin slab	Isotrophy				25.00

Реактивни отпор тла моделиран је према подацима о параметрима тла из Геотехничког елабората, који су приказани у поглављу 10.

Reactive soil resistance was modeled according to the data on soil parameters from the Geotechnical Study, shown in Chapter 10.

Area support sets

Set	K,R1	K,R2	K,R3
1	5.150e+3		

Linear support sets

Set	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	Soil [m]
1		6.800e+3	6.800e+3		0.900
2		7.260e+3	7.260e+3		0.900
3		1.875e+4	1.875e+4		0.900
4		1.633e+4	1.633e+4		0.900
5		4.940e+3	4.940e+3		0.900
6			5.150e+3		1.500

Point support sets

	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1			3.500e+5			

2 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS

2.1 СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ / PERMANENT LOADS

2.1.1 Сопствена тежина конструкције / Self-weight $G_{k,1}$

2.1.1.1 Тежина коловозне конструкције / Deck weight

Утицаји од сопствене тежине коловозне конструкције срачунати су у сагласности са предвиђеним начином изградње.

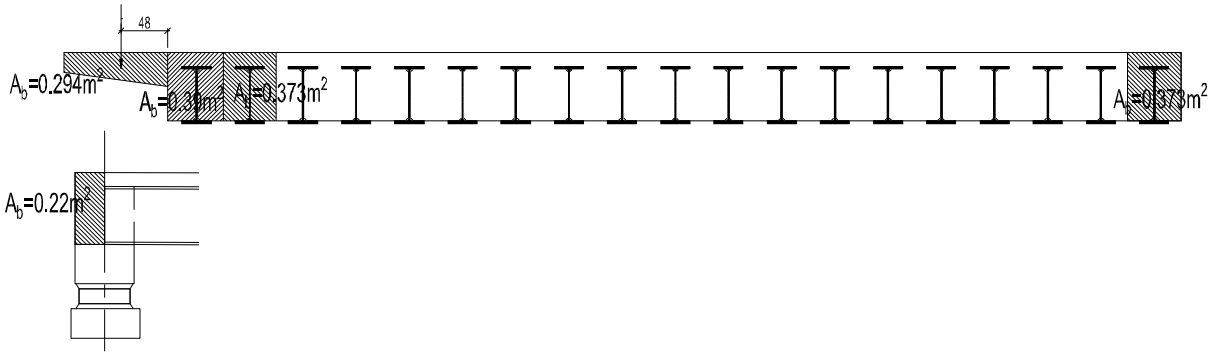
Сопствена тежина ваљаних HEA 600 носача обухваћена је истоименом командом у оквиру програмског пакета за прорачун статичких утицаја. Запреминска тежина челичног материјала задате је са вредношћу γ=78.5kN/m^3 (СРПС ЕН 1991-1-1, Табела А.4).

Ваљани челични носачи прихватају тежину свежег бетона. Запреминска тежина свежег бетона γ=25KN/m^3.

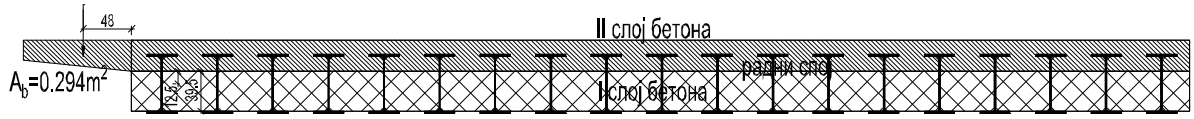
Forces due to self-weight of the deck is calculated in accordance with the construction phases.

Self-weight of HEA 600 rolled section is included with the self-weight command. The density of the structural steel is taken as γ=78.5kN/m^3 (SRPS EN 1991-1-1, Table A.4).

Steel rolled sections accept the weight of fresh concrete. Density of a fresh concrete taken as γ=25KN/m^3.



Тежину конзоле коловозне плоче, прихватају челични носачи и део плоче у висини од 40cm.



Носач	коловозна плоча γ=25kN/m^3					ослоначки ПН		
	A [m^2]	g	jed. mer.	m_t	jed. mer.	A [m^2]	G_{PN}	jed. mer.
конзола	0,294	7,35	kN/m	3,53	kNm/m	0,22	5,50	kN/m
ивични носач	0,39	9,75	kN/m					
средњи носач	0,3726	9,32	kN/m					
носач уз подужну дил.	0,3726	9,32	kN/m					

2.1.1.2 Сопствена тежина стубова

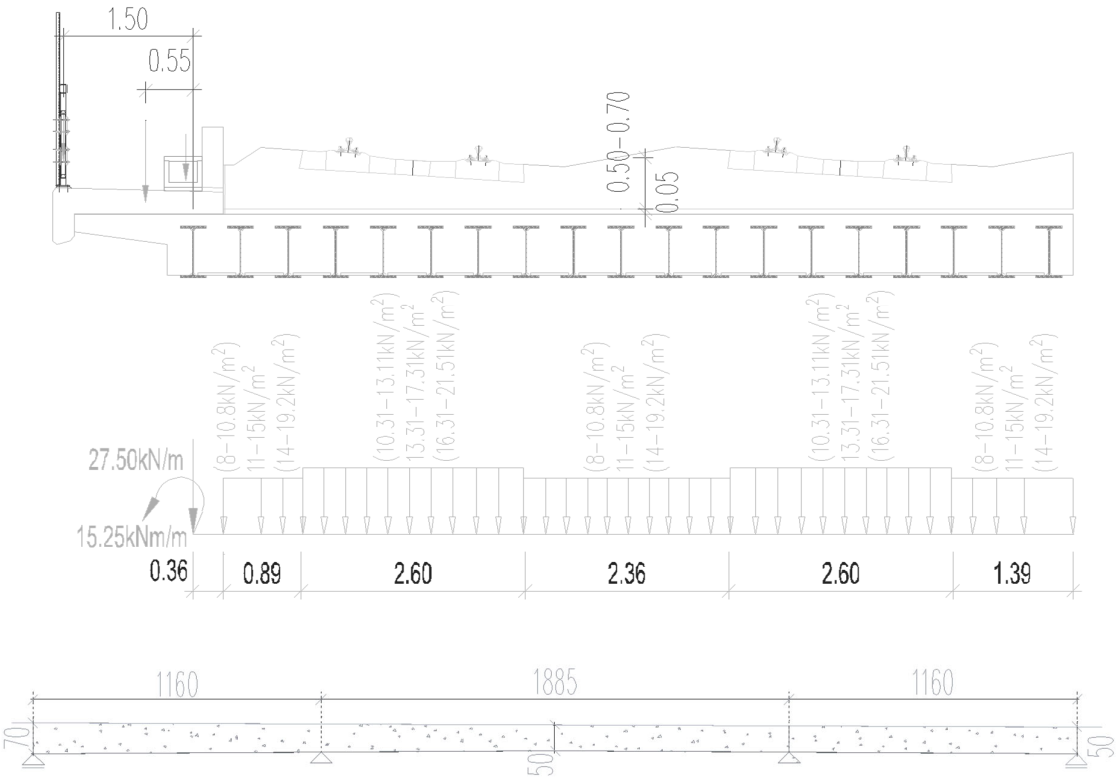
Сопствена тежина стубова, крилних зидова и наглавних греда обухваћена је истоименом командом у оквиру програмског пакета за прорачун статичких утицаја. Елементи доњег строја унету су у прорачунски модел са стварном геометријом и димензијама, према приложеној диспозицији, и запреминском тежином бетона од γ=25KN/m^3.

Self-weight of a substructure included with the the self-weight comand. The elements are modeled according to the actual geometry and dimensions, density of concrete is taken as equal to γ=25KN/m^3.

2.1.2 Стални терет на мосту / Dead load Gk,2

Тежине елемената колосека као и запреминска тежина материјала усвојене су у складу са СРПС ЕН 1991-1-1, Табеле А.1 и А.6.

The weight of the track elements and the density of the material adopted according to the SRPS EN 1991-1-1, Tables A.1 and A.6.



Елемент саобраћајног профила	Дебљина елемента [m]	Y [kN/m³]	Тежина [kN/m']	на ширини [m]	Тежина [kN/m²]
Шине и колосечни прибор			1.20	2.60	0.46
Преднапрегнути бетонски прагови			4.80	2.60	1.85
Коловозни застор	0.5-0.7	20.0		9.90	10.0 - 14.0
	увећање за 30% (СРПС ЕН 1991-1-1, 5.2.3)				13.0 - 18.2
	умањење за 30% (СРПС ЕН 1991-1-1, 5.2.3)				7.0 - 9.8
Еластомерни тепих d=4cm	0.04	20.0		9.90	0.80
Хидроизолација d=1cm	0.01	20.0		9.90	0.20
Елементи ревизионе стазе	**Површина елемента [m²]**	**Y [kN/m³]**	**Тежина [kN/m']**	**екс. [m]**	**Моменат [kNm/m']**
Површина АБ ревизионе стазе m²	1.000	25.0	25.00	0.55	13.75
Каналица и инсталације			1.50	0.00	0.00
Челична ограда са заштитном мрежом			1.00	1.50	1.50
		g=	27.50	m=	15.25

2.1.3 Скупљање и течење / Creep and Shrinkage S

Ефекти течења узети су у обзир кроз различите односе модула еластичноси за краткотрајна и дуготрајна оптерећења.

Effects of creep is taken into account through different modular ratio n_i for short-term and n_v for long-term loading.

Односи модула еластичности за краткотрајна оптерећења (UIC 773, 2.4.2; Ril 804, 4302, 2(2)):

$$n_i = 6$$

Односи модула еластичности за дуготрајна оптерећења (UIC 773, 2.4.2; Ril 804, 4302, 2(2)):

$$n_v = 18$$

Ефекти скупљања бетона, код убетонираних носача могу се занемарити, изузев код прорачуна деформација (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(6); UIC 773, 2.5).

The effects of shrinkage of concrete may be neglected, except for the determination of deformations (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(6); UIC 773, 2.5).

Дилатација скупљања (СРПС ЕН 1992-1-1, 3.1.4) / Shrinkage strain (SRPS EN 1992-1-1, 3.1.4).

Носач / Deck	f_{cm}	f_{cm0}	f_{ck}	β_{RH}	RH	α_{ds1}	α_{ds2}	$\varepsilon_{cd,0}$	h_0	k_h	$\beta_{ds}(\infty,t_s)$	$\varepsilon_{cd}(\infty)$	$\varepsilon_{ca}(\infty)$	$\varepsilon_{cs}(\infty)$
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[%]	[-]	[-]	[‰]	[mm]	[-]	[-]	[‰]	[‰]	[‰]
C 35/37	43.0	10	35	0.756	80	4	0.12	0.253	630	0.700	1.000	0.177	0.063	0.240

У даљој анализи занемариће се ефекти сопственог скупљања $\varepsilon_{cs,\infty}$=0.240-0.063=0.177‰

The effects of autogenous shrinkage are neglected

Ефекти изазвани дилатацијом скупљња, у прорачунском моделу анализирани су посредством одговарајуће равномерне температурне промене, услед које се у конструкцији јављају исте дилатације.

The effects caused by the dilation of the shrinkage were analyzed in the calculation model by means of an appropriate uniform temperature change, due to which the same dilatations occur in the structure.

$$T_S = \frac{\varepsilon_{cs,\infty}}{\alpha} = \frac{0.177 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-5}} = -17.7°C$$

2.1.4 Стални вертикални притисак од земље (тежина земље) / Weight of the soil $G_{k,3}$

Тежина тла на насипу иза крилних зидова / Gravel wedge backfill $G_{soil,1}=4.85 \cdot 20=97 kN/m^2$

Тежина тла на насипу са предње стране стуба / Soil backfill on abutments $G_{soil,2}=1 \cdot 19=19 kN/m^2$

Тежина тла на насипу код средњих стубова / Soil backfill on piers $G_{soil,2}=2.9 \cdot 19=55 kN/m^2$

Тежина тла на насипу код средњих стубова / Soil backfill on piers $G_{soil,2}=1.2 \cdot 19=23 kN/m^2$

2.1.5 Притисак тла / Earth pressure E_d

Хоризонтални притисци тла одређени су у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1997-1 односно СРПС ЕН 1997-1/НА.

Horizontal earth pressure determined in accordance with the provisions of SRPS EN 1997-1 and SRPS EN 1997-1 / NA.

Висина обалног стуба	H=5.0 m	Парцијални фактор за ефективни угао унутрашњег трења	γ_φ'=1.0 (M1)
Запреминска тежина земље	γ=20 kN/m^3		
Угао унутрашњег трења насипа	$\varphi' = 35°$	Тежина застора на насипу	0.61·20=12.2kN/m^2
Угао нагиба	β=0		
Површине премазане битуменом	δ=0		

Активни притисак тла / Active earth pressure:

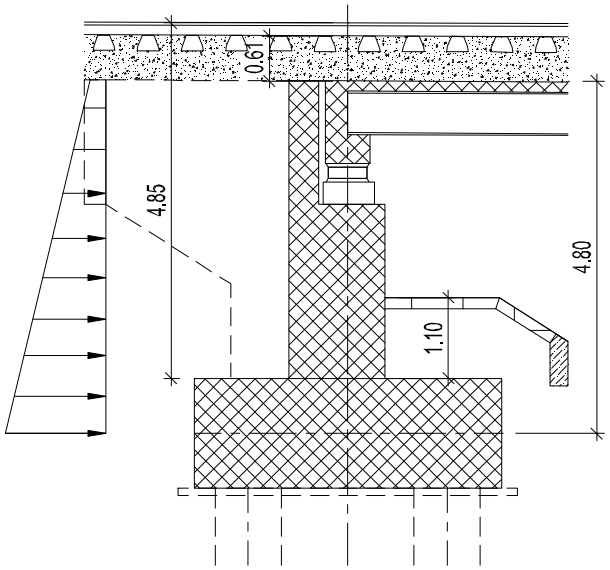
Насип $\mathbf{p_{ah}=K_{ah}\cdot\gamma\cdot H= \tan^2(45-\varphi'/2)\cdot 12.2 = 0.27\cdot 12.2=3kN/m^2}$

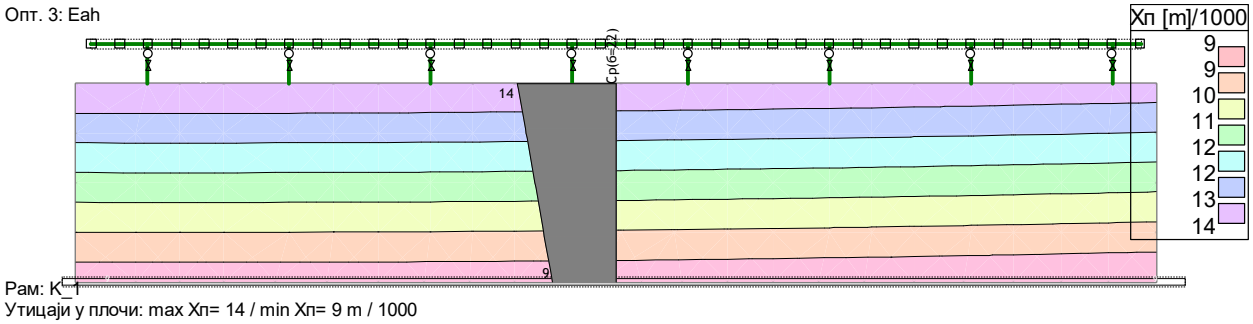
$\mathbf{p_{ah}=K_{ah}\cdot\gamma\cdot H= \tan^2(45-\varphi'/2)\cdot 20\cdot 5.41 = 0.27\cdot 108=29kN/m^2}$

Притисак тла у миру / At rest earth pressure:

Насип $p_0= K_0\cdot\gamma\cdot H= (1-\sin\varphi')\cdot 14.2 = 0.426\cdot 12.2=5kN/m^2$

$p_0= K_0\cdot\gamma\cdot H= (1-\sin\varphi')\cdot 20\cdot 5.41 = 0.426\cdot 100=46kN/m^2$





v_i/h=(14-9)mm/4.8m=0.1% < 0.104% < 0.2% - за некохезивна збијена тла ангажује се активни притисак тла (СРПС ЕН 1997-1, Табела Ц.1).

v/h=(14-9)mm/4.8m= 0.2% < 0.104% < 0.1% - for non-cohesive, densed soil it is mobilised effective active earth pressure (SRPS EN 1997-1, Table C.1).

2.2 САОБРАЋАЈНА ОПТЕРЕЋЕЊА / TRAFFIC LOADS

Меродавне шеме железничког саобраћајног оптерећења усвојене су према стандарду СРПС ЕН 1991-2, поглавље 6.

Класификоване вредности железничког саобраћајног оптерећења одређену су са вредношћу коефицијента α=1.21 (СРПС ЕН 1991-2/НА, Тачка 2.51).

Rail traffic actions are defined with load models according to the SRPS EN 1991-2, Chapter 6.

The classified value of loadc are determined with the value of the coefficient α=1.21 (SRPS EN 1991-2 / NA, Clause 2.51).

2.2.1 Вертикално саобраћајно оптерећење / Vertical traffic loads $Q_{v,1}$

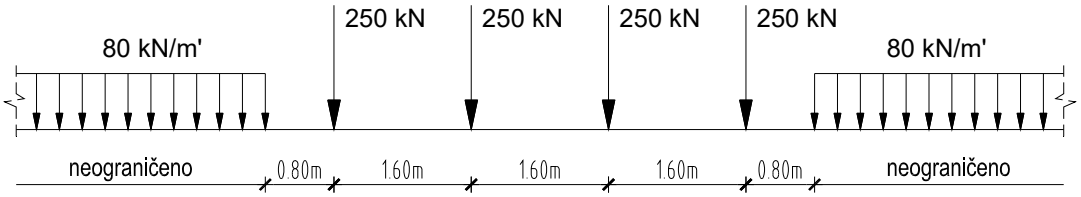
2.2.1.1 Шема оптерећења / Load model LM71

За анализу статички утицаји услед железничког саобраћаја на пругама нормалног колосека (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.2) као и за анализу замора (СРПС ЕН 1993-2, 9.2.3).

Множи се коефицијентом α.и коефицијентом динамичности Φ_3.

Load Model 71 represents the static effect of vertical loading due to normal rail traffic (SRPS EN 1991-2, 6.3.2) and for the fatigue assessment (СРПС ЕН 1993-2, 9.2.3).

It is multiplied by the coefficient α.and the dynamic factor Φ3.



2.2.1.2 Шема оптерећења / Load model SW/0

За конструкције система континуалне греде (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.3(1)).

Множи се коефицијентом α.и коефицијентом динамичности Φ_3.

Load Model SW/0 for continuous beams (SRPS EN 1991-2, 6.3.3(1)).

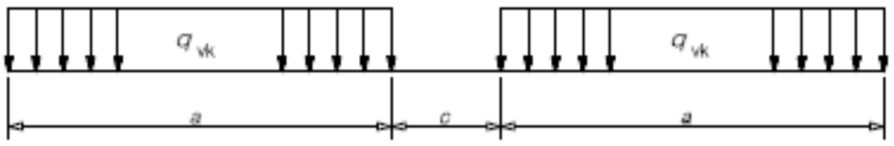
It is multiplied by the coefficient α.and the dynamic factor Φ3.

2.2.1.3 Шема оптерећења / Load model SW/2

Статички утицај услед тешког железничког саобраћаја (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.3(2)).

Не множи се коефицијентом α.као ни коефицијентом динамичности Φ_3.

Load Model SW/2 represents the static effect due to heavy rail traffic (SRPS EN 1991-2, 6.3.3(2)).



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

2.2.1.4 Шема оптерећења „празни вагони“ / Load Model “unloaded train” $q_{v,2}$

Шема оптерећења “празни вагони” усвојена је као вертикално расподељено оптерећење q_{kv}=10.0kN/m (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.4).

The Load Model “unloaded train” consists of a vertical uniformly distributed load with a characteristic value of q_{kv}=10.0kN/m (SRPS EN 1991-2, 6.3.4).

2.2.1.5 Ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења / Eccentricity of vertical loads

За мостове у кривини / For bridges with track in horizontal curve $e = \Delta \cdot 180 / 150 = 1.2 \cdot \Delta$

Услед ове ексцентричности јавља се допунски моменат торзије услед вертикалног саобраћајног оптерећења интензитета:

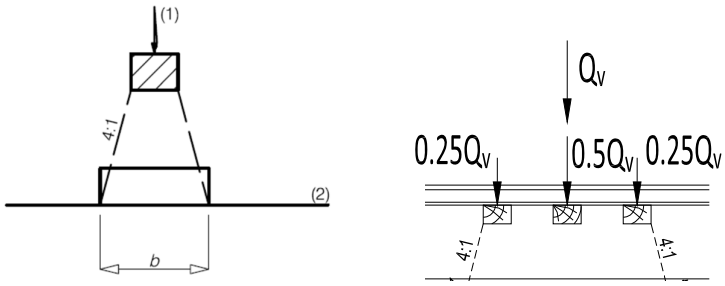
Due to this eccentricity, an additional moment of torsion occurs due to the vertical traffic load:

$$M_{vkt}=Q_v \cdot e$$

2.2.1.6 Расподела концентисаног оптерећења / Distribution of axle loads

Према ЕН 1991-2, 6.3.6.1(1) допушта се расподела концетрисане силе од точка на два суседна прага, посредством шине.

Подужно распростирање саобраћајног оптерећења кроз прагове и коловозни застор сходно СРПС ЕН 1991-2, 6.3.6.2(1) може се извршити, изузев код елемента где је ефекат концентрисаног оптерећења значајан.



Код конструкција са коловозним застором може се ићи на попречну прерасподелу саобраћајног оптерећења према СРПС ЕН 1991-2, 6.3.6.3(1). Прерасподела саобраћајног оптерећења на површинско приказано је у поглављу 2.2.4 овог прорачуна.

Попречну прерасподела кроз прагове и застор могућа је у случају убетонираних носача извршити само у оквиру ширине b, унутар које се може извршити равномерна расподела саобраћајног оптерећење на носаче (Ril 804.4302, 2). За распон L>5m, b=5m.

Longitudinal and transverse distribution of load by the rails, sleepers and ballast carried out according to SRPS EN 1991-2, 6.3.6 as shown in Chapter 2.2.4 of this analysis.

Transverse distribution in the case of the filler beam is posibl only within the width b, within which an even distribution of traffic load on the girders can be made (Ril 804.4302, 2). For the span L> 5m, b = 5m.

2.2.1.7 Еквивалентно оптерећење за притисак земље / Equivalent vertical loading for earth pressure $\Delta E_{d,Qvk}$

Еквивалентно саобраћајно оптерећење за прорачун притисака земље на обалне стубове, сходно поглављу 6.3.6.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2, може се узети као једнако подељено оптерећење које делује на ширини од 3m:

Уместо једнако подељеног оптерећења $1.21 \cdot 80 / 3 = 32.3 kN / m^2$

Уместо концентрисаних сила $1.21 \cdot 4 \cdot 250 / 6.4 \cdot 3 = 63 kN / m^2$ - меродавно за прорачун парапетног зида на опорцима

За активно стање $\rightarrow \Delta p_{ah,Qv} = 0.27 \cdot 32.3 = 8.72 kN/m^2$

For global effects, the equivalent characteristic vertical loading, due to rail traffic actions, for calculation of earth pressure defined in accordance with SRPS EN 1991-2, 6.3.6.4.

Instead of concentrated forces $1.21 \cdot 4 \cdot 250 / 6.4 \cdot 3 = 63 kN/m^2$ - relevant for the analysis of soil pressure on the parapet wall at abutments

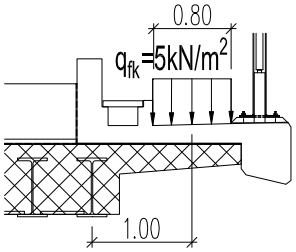
Instead of an equally distributed load $1.21 \cdot 80 / 3 = 32.3 kN/m^2$

For active earth pressure $\rightarrow$ $\Delta p_{ah,Qv} = 0.27 \cdot 32.3 = 8.72 kN/m^2$

2.2.1.8 Корисно оптерећење на ревизионим стазама / Actions on non-public footpaths q_{fk}

Оптерећења на ревизионим стазама усвојено је сходно поглављу 6.3.7 стандарда СРПС ЕН 1991-2, као ревномерно распоређено површинско оптерећење од q_{fk}=5kN/m^2 по целој ширини стазе, а ван габарита вертикалног оптерећења.

За димензионисање локалних елемената стазе, концентрисано вертикално оптерећење Q_k=2kN у најнеповољнијем положају. Хоризонтална сила на ограду 1kN/m која се преноси на парапетне зидове канала за инсталације.



Ово оптерећење меродавно је само за димензионисање конзола ревизионе стазе.

Uniformly distributed load with a characteristic value fk q = 5 kN/m², and for the design of local elements a concentrated load Qk = 2,0 kN acting alone should be taken into account. (SRPS EN 1991-2, 6.3.7)

Horizontal forces on parapets, partition walls and barriers due to persons should be taken as category B and C1 of EN 1991-1-1. Adopted 1kN/m.

This load is only relevant for control of the deck cantilever.

2.2.2 Динамички ефекти / Dynamic effects

Како је брзина на предметној локацији v≤200km/h, а конструкција систем континуалне греде, то се динамички ефекти саобраћајног оптерећења уводе у прорачун мултиплицирањем статичких утицаја динамичким коефицијентом (СРПС ЕН 1991-2, 6.4.4, слика 6.9).

Динамички коефицијент Φ_3 за шеме оптерећења LM71, SW/0 и SW/2 према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2:

$$1 \leq \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.73 \leq 2$$ за standardno održavanje šina.

Сходно одредбама стандарда СРПС ЕН 1993-2, Поглавље 9.2.3 за анализу замора према поједностављеном поступку користи се динамички коефицијент Φ_2.

Сходно одредбама стандарда СРПС ЕН 1992-2, Аннех НН, Поглавље НН3 за анализу замора према поједностављеном поступку користи се динамички коефицијент Φ_3.

При прорачуну попречне арматуре у коловозној плочи за динамички коефицијент у том случају може се узети вредност Φ=1.3, одступајући од СРПС ЕН 1991-2, табела 6.2 (Ril 804, 803.4302, 3 (1)).

As the speed at the subject location is v≤200km/h, and it is the continuous beam structure, the results of the static analysis are multiplied by the dynamic factor (SRPS EN 1991-2, 6.4.4, Figure 6.9).

The dynamic factor Φ3 shall be taken for enhancing the static load effects under Load Models 71, SW/0 and SW/2 (SRPS EN 1991-2, 6.4.5.2).

For the fatigue assessment the characteristic values for load model 71 should be multiplied by the dynamic factor Φ_2 (SRPS EN 1993-2, 9.2.3).

For the transverse reinforcement in the deck slab the value Φ = 1.3 for the dynamic factor can be used, (Ril 804, 803.4302, 3 (1)).

За главни носач континуалног система

Rasponi	L_m [m]	k	L_Φ [m]
L=2x11.6+18.85	14	1,3	18,2

Табеларни преглед динамичких коефицијената:

Елемент консрукције	СРПС ЕН 1991-2		
	L_Φ [m]	Φ_3	Φ_2
Коловозна плоча	Ril 804	1.300	1.300
Ослоначки ПН	3.6	2.003	1.668
Главни носач	18.2	1.261	1.174
Лежишта	18.2	1.261	1.174

2.2.3 Хоризонталне силе услед саобраћајног оптерећења / Horizontal forces due to traffic load

2.2.3.1 Центрифугална сила / Centrifugal force Q_{tk}

Код конструкција са колосеком у кривини мора се узети у обзир центрифугална сила. Деловање центрифугалне силе узима се на 1.80 m од горње ивице шине, хоризонтално ка спољној страни кривине. Увек се комбинује са вертикалним саобраћајним оптерећењем. Центрифугална сила се не множи коефицијентом динамичности Φ_3 али се множи коефицијентом α. Карактеристичне вредност центрифугалне силе (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.1) одредиће се из израза:

Where the track on a bridge is curved over the whole or part of the length of the bridge, the centrifugal force shall be taken into account (SRPS EN 1991-2, 6.5.1). The centrifugal force shall always be combined with the vertical traffic load. It is multiplied with the coeficient α but it shall not be multiplied by the dynamic factor Φ_3. The characteristic value of the centrifugal force shall be determined according to the following equation:

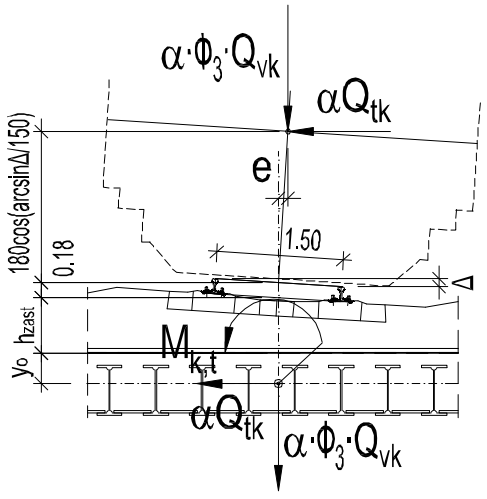
$$Q_{tk}=\frac{V^2}{127\cdot R}(f\cdot Q_{vk})$$

Где је:

- V=80km/h максимална брзина
- Q_{vk} вертикално саобраћајно оптерећење
- R=390 m радијус кривине
- f=1 V<120km/h

Интензитет момента торзије:

$$M_{tk,t}=Q_v\cdot(y_0+h_{zast}+18+180\cdot\cos(\arcsin\frac{\Delta}{150}))$$

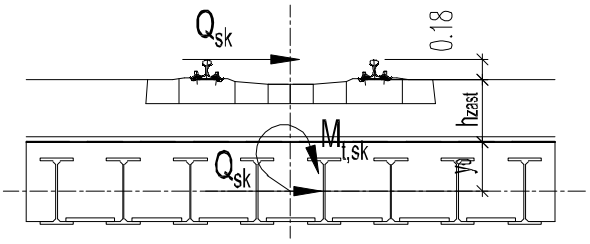


2.2.3.2 Сила бочног удара / Nosing force Q_{sk}

Сила бочног удара узима се као сила Q_{sk}=100kN (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.2) која делује у равни горње ивице шине, управно на осу колосека. Не множи се коефицијентом динамичности Φ_3, али се множи коефицијентом α. Увек се комбинује са вертикалним саобраћајним оптерећењем и алтернативног је знака.

The nosing force shall be taken as a concentrated force Q_{sk}=100kN acting horizontally, at the top of the rail and it should be always combined with a vertical traffic load. It is not multiplied by the factor Φ_3 or by the factor f, but it should be multiplied by the factor α.

Q_{sk}=1.21·100=121 kN
$M_{sk,t}$= Q_{sk} ·(y_0+h_{zast}+18)
$M_{sk,t}$= 121·(0.4+0.60+0.18)=121·1.18=143kNm



2.2.3.3 Силе од кочења и покретања воза / Actions due to traction and braking Q_{lak}, Q_{lbk}

Силе од кочења и покретања воза делују у равни горње ивице шине, у правцу осе колосека, а у смеру кретања воза на мосту (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.3). Ове силе се могу разматрати као равномерно расподељено оптерећење дуж одговарајуће утицајне дужине $L_{a,b}$. Не множе се коефицијентом динамичности Ф ни коефицијентима редукције f, али се множе коефицијентом α. Комбинују се са одговарајућим вертикалним силама. Код конструкција са два и више колосека требало би разматрати слуцај са силама кочења на једном колосеку и силама покретања на другом.

Traction and braking forces act at the top of the rails in the longitudinal direction of the track, and it is combined with the corresponding vertical loads. They shall be considered as uniformly distributed over the corresponding influence length $L_{a,b}$. They are not multiplied by the factor Φ_3 or by the factor f, but it shal be multiplay with coeficijent α. In the case of a bridge carrying two or more tracks the braking forces on one track shall be considered with the traction forces on one other track.

Силе од покретања воза / Traction force:

Q_{lak}=33[kN/m]·$L_{a,b}$[m]≤1000[kN] за шеме Lm71, SW/0 и SW/2

Силе од кочења воза / Braking force:

Q_{lbk}=20[kN/m]·$L_{a,b}$[m]≤6000[kN] за шеме Lm71 и SW/0

Q_{lbk}=35[kN/m]·$L_{a,b}$[m] за шему SW/2 – меродавно за шему SW/2

$M_{lak}=Q_{lak}\cdot(y_o+h_{zast}+0.18)$ и $M_{lbk}=Q_{lbk}\cdot(y_o+h_{zast}+0.18)$ - моменти савијања услед ексцентричности

$q_{lak}=Q_{lak}/L_{a,b}$ i $q_{lbk}=Q_{lbk}/L_{a,b}$ - расподељено подужно оптерећење на дужини утицаја $L_{a,b}$

$m_{lak}=M_{lak}/L_{a,b}$ i $m_{lbk}=M_{lbk}/L_{a,b}$ - расподељени моменти савијања на дужини утицаја $L_{a,b}$

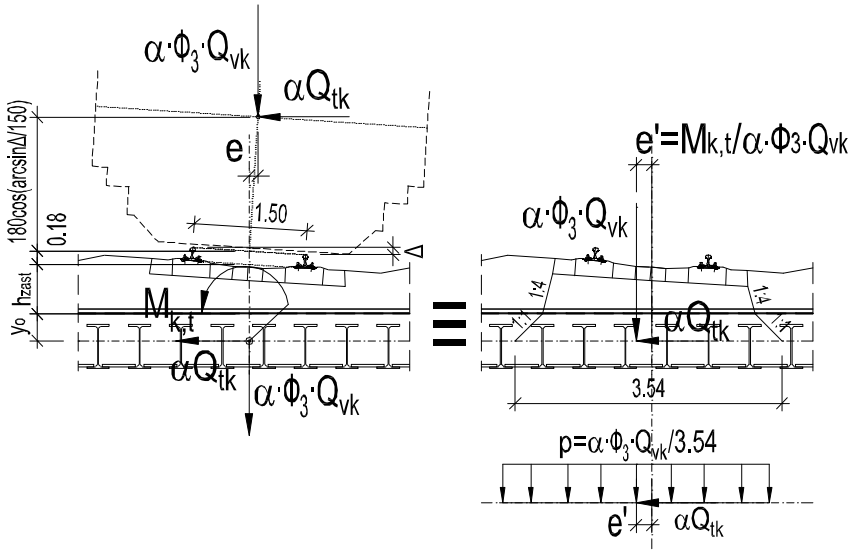
ξ=0.6 - коефицијент редукције услед интеракције колосека и конструкције

			$Q_{lak(lbk)}$ [kN]	$q_{lak(lab)}$ [kN/m]	$m_{lak(lab)}$ [kNm/m]	$\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ [kN]	$\alpha\cdot q_{lak(lab)}$ [kN/m]	$\alpha\cdot m_{lak(lab)}$ [kNm/m]	$\xi\cdot\alpha\cdot q_{lak(lab)}$ [kN/m]	$\xi\cdot\alpha\cdot m_{lak(lab)}$ [kNm/m]
L_{ab} [m]	18.85	покретање	622	33	38	753	40	46	24	27
		кочење	377	20	23	456	24	28	15	17
L_{ab} [m]	30.45	покретање	1000	33	37	1210	40	45	24	27
		кочење	609	20	23	737	24	28	15	17
L_{ab} [m]	42.05	покретање	1000	24	27	1210	29	33	17	20
		кочење	841	20	23	1018	24	28	15	17

2.2.4 Прерасподела саобраћајног оптерећења / Distribution of traffic load

Узимајући у обзир подужну и попречну прерасподелу саобраћајног оптерећења испод прагова и застора (СРПС ЕН 6.3.6).

Longitudinal and transverse distribution of load by the rails, sleepers and ballast is carried out according to SRPS EN 1991-2, 6.3.6.

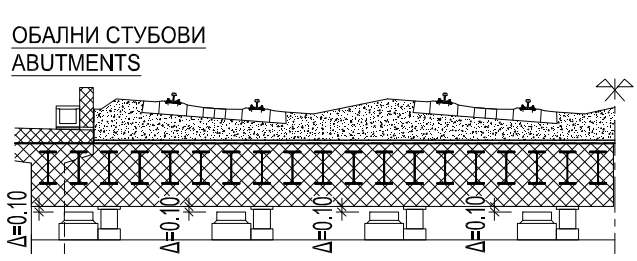


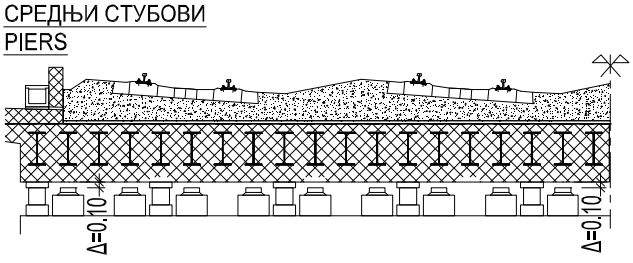
R= 390 m v= 80 km/h Δ= 11,5 cm h_{zast}= 60 cm

	$Q_{v,1}$ [kN]	Φ_3	$\alpha\cdot\Phi_3\cdot Q_{v,1}$ [kN]	e [m]	$M_{v,t}$ [kNm]	$\alpha\cdot Q_{tk}$ [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]	e' [m]	q_v [kN/m^2]	q_{tk} [kN/m]
LM71	250	1,261	381,5	0,138	-52,6	39,09	0,36	2,93	114,7	0,163	67,4	24,4
/m'	80	1,261	122,1	0,138	-16,8	12,51	0,36	2,93	36,7	0,163	34,5	12,5
SW/0 /m'	133	1,261	203,0	0,138	-28,0	20,79	0,36	2,93	61,0	0,163	57,3	20,8
	Q_{vk} [kN]	Φ_3	$Q_{v,1}$ [kN]	e [m]	$M_{v,t}$ [kNm]	$\alpha\cdot Q_{tk}$ [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]	e' [m]	q_v [kN/m^2]	q_{tk} [kN/m]
SW/2 /m'	150	-	150,0	0,138	-20,7	19,38	0,36	2,93	56,9	0,241	42,4	19,4

2.3 ЗАМЕНА ЛЕЖИШТА / REPLACEMENT OF BEARINGS

Приликом интервенција на сервисирању или замени лежишта конструкција се ослања на привремене ослонце/пресе, којима се конструкција одиже 1cm како би се ослободила са постојећих лежишта. Приликом ових интервенција неопходно је извршити истовремено одизање на свим привременим ослонцима, јер је контрола попречних носача извршена за случај одизања свих привремених ослонаца за 1cm.





2.4 УТИЦАЈИ ОД ТЕМПЕРАТУРЕ / THERMAL ACTIONS T_K

Температурни утицаји се могу занемарити при прорачуну убетонираних носача (СРПС ЕН 1994-2, 5.4.2.9(8)), анализираће се само померања услед равномерне температурне промене како би се одредио потребан капацитет дилатација.

Прорачун оптерећења услед дејства температуре према стандарду СРПС ЕН 1991-1-5 уз поштовање одредби националног анекса СРПС ЕН 1991-1-5/НА.

The influences of differences and gradients of temperature may be ignored, except for the determination of deflections of railway bridges (SRPS EN 1994-2, 5.4.2.9(8)).

Actions due to the effect of temperature calculated according to the standard SRPS EN 1991-1-5 in compliance with the provisions of the national annex SRPS EN 1991-1-5 / NA.

Екстремно максималне (T_{max}) односно минималне (T_{min}) температуре ваздуха у хладу, са вероватноћом реализације P=0.02, усвојене су према СРПС ЕН 1991-1-5/НА прилог А.

Улазни подаци за предметну локацију моста:

максимална температура ваздуха у хладу..... T_{max}= 43°C

минимална температура ваздуха у хладу..... T_{min}= -31°C

тип коловозне конструкције..... Tip 2

почетна температура моста..... T_0=10°C (СРПС ЕН1991-1-5, А.1(3))

2.4.1 Утицаји од равномерне температурне промене / Uniform temperature

UNIFORM BRIDGE TEMPERATURE COMPONENT (SRPS EN 1991-1-5 identičan sa EN1991-1-5:2003)				
Max Shade Air Temperature	T_{max} =	43.0	°C	
Min Shade Air Temperature	T_{min} =	-31.0	°C	
Max Uniform Bridge Temperature Component	$T_{e.max}$ =	59.0	°C (Type 1)	максимална компонента равномернр температуре мост (Тип 2):
	$T_{e.max}$ =	47.0	°C (Type 2)	
	$T_{e.max}$ =	45.0	°C (Type 3)	
Min Uniform Bridge Temperature Component	$T_{e.min}$ =	-34.0	°C (Type 1)	минимална компонента равномернр температуре мост (Тип 2):
	$T_{e.min}$ =	-27.0	°C (Type 2)	
	$T_{e.min}$ =	-23.0	°C (Type 3)	

UNIFORM BRIDGE TEMPERATURE RANGE (SRPS EN 1991-1-5 identičan sa EN1991-1-5:2003)				
Initial Bridge Temperature	T_o =	10.0	°C	
Bearing Design				**Ложишта и дилатационе спојнице**
Max Expansion Range	$\Delta T_{N,exp}$ =	69.0	°C (Type 1)	максимално издужење
Uniform Bridge Temperature	$\Delta T_{N,exp}$ =	57.0	°C (Type 2)	од равномерне температуре
Component	$\Delta T_{N,exp}$ =	55.0	°C (Type 3)	коловозна конструкција (Тип 2)
Max Contraction Range	$\Delta T_{N,con}$ =	64.0	°C (Type 1)	максимално скраћење
Uniform Bridge Temperature	$\Delta T_{N,con}$ =	57.0	°C (Type 2)	од равномерне температуре
Component	$\Delta T_{N,con}$ =	53.0	°C (Type 3)	коловозна конструкција (Тип 2)

2.5 ОПТЕРЕЋЕЊЕ ВЕТРОМ / WIND ACTIONS F_{wk}

2.5.1 Дејство ветра на коловозну конструкцију / Wind actions on bridge deck

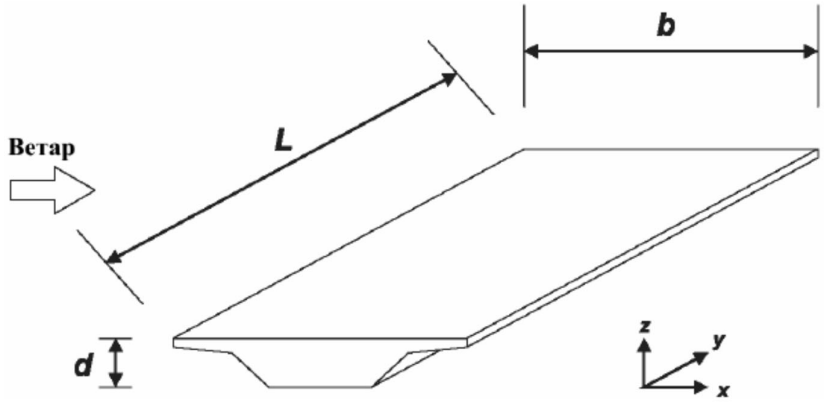
Прорачун оптерећења услед дејства ветра је у свему према СРПС ЕН 1991-1-4 и према Националном анексу СРПС ЕН 1991-1-4/NA

Wind actions calculated according to the standard SRPS EN 1991-1-4 and National Annex SRPS EN 1991-1-4 / NA

Мост бр.02 у km. 77+814.32

Дејство ветра на мост производи силе у правцу x, y и z где је:

правац x – правац управан на подужну осу моста
правац y – правац паралелан са подужном осом моста
правац z – правац управан на коловоз



Слика 8.2 — Правци дејстава ветра на мостове

Улазни подаци:

фундаментална основна брзина ветра за P=0.02	v_{10min}=	21	m/s
коефицијент правца	c_{dir}=	1.0	
коефицијент годишњег доба	c_{season}=	1.0	
коефицијент топографије	$c_o(z)$=	1.0	
категорија терена		II	
референтна висина, узима се средиште коловозне конструкције	z=	5	m
густина ваздуха	ρ=	1.225	kg/m^3

Прорачунске вредности:

- основна брзина ветра $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$ → v_b= 21 m/s
- средња брзина ветра $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$ → $v_m(z)$= 18.375 m/s

где су:

$c_r(z)$ - фактор храпавости

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{za} \quad z_{min} \le z \le z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{za} \quad z \le z_{min}$$

фактор терена	k_r=	0,19	
дужина храпавости	$z_{0,II}$=	0,05	m
	z_{min}=	2	m
	z_{max}=	200	m
	z_0=	0,05	m
коефицијент храпавости	$c_r(z)$=	0,875	

$I_v(z)$ - интензитет турбуленције

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_I}{c_0(z)\cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{za} \quad z_{min} \le z \le z_{max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \quad \text{za} \quad z \le z_{min}$$

$I_v(z)$= 0,2171

- основни притисак ветра $q_b=0.5\cdot\rho\cdot v_b^2$ q_b= 0,2701 kN/m^2

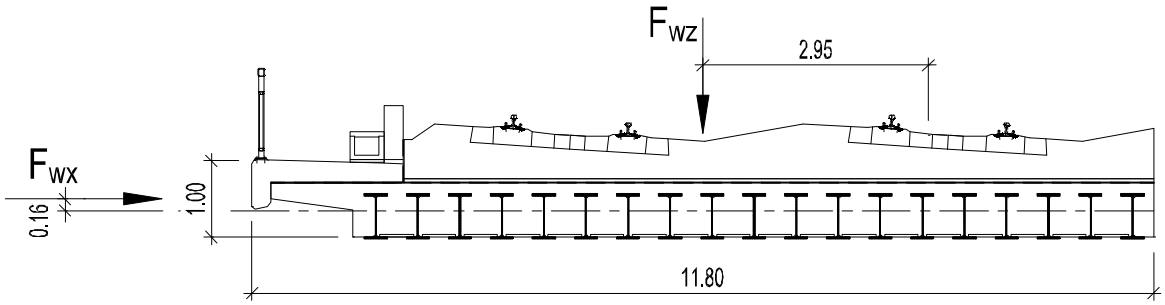
фактор турбуленције k_I= 1

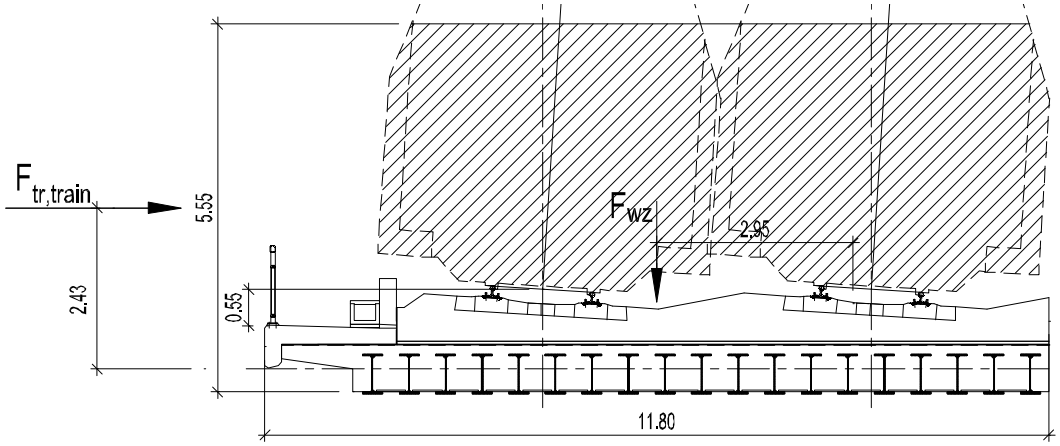
- вршни притисак ветра $q_p(z)=(1+7\cdot I_v(z))\cdot 0.5\cdot\rho\cdot v^2_m(z)$= 0,5211 kN/m^2

фактор изложености $c_e(z)$= 1,9293

Силе од ветра се могу одредити упрошћеном методом (поглавље 8.3.2 EN 1991-1-4 пошто поступак динамичког одговора није потребан) из следећих израза:

сила од ветра у x правцу	$F_{w,x}=q_p\cdot c_{f,x}\cdot A_{ref,x}$
сила од ветра у z правцу	$F_{w,z}=q_p\cdot c_{f,z}\cdot A_{ref,z}$
сила од ветра у y правцу (ако се процени да треба)	
за пуне мостове:	$F_{w,y}=0.25\cdot F_{w,x}$
за решеткасте мостове:	$F_{w,y}=0.5\cdot F_{w,x}$
коефицијент силе за x правац	$c_{f,x}=c_{fx,0}$
коефицијент силе за z правац	$c_{f,z}=\pm 0.9$
референтна површина за x правац	$A_{ref,x}=d_{tot}\cdot L$
референтна површина за z правац	$A_{ref,z}=b\cdot L$





otvoreni parapet ili otvorena sigurnosna barijera	d=	1.0	m
na obje strane	b=	11.8	m

Мост без саобраћјног оптерећења / Bridge without traffic load

- оптерећење у **x правцу** од ветра на мост

		d_{tot}=	1.60	m
референтна површина за x правац	$A_{ref,x}$=	$d_{tot}\cdot 1m'$=	1.60	m^2/m'
коефицијент силе за x правац	b/d_{tot}= 7.38	→ $c_{f,x}$=	1.30	
$F_{w,x}=q_b\cdot c_e\cdot c_{f,x}\cdot A_{ref,x}$=		$F_{w,x}$=	1.084	kN/m'
ексцентицитет силе		e_x=	0.16	m
		$m_{w,x}$=	0.1734	kNm/m

- оптерећење у **z правцу** од ветра на мост

		d_{tot}=	11.80	m
референтна површина за z правац	$A_{ref,z}$=	$d_{tot}\cdot 1m'$=	11.8	m^2/m'
$F_{w,z}=q_b\cdot c_e\cdot c_{f,z}\cdot A_{ref,z}$=		$F_{w,z}^{+}$=	5.5344	kN/m'
		$F_{w,z}^{+}$=	-5.5344	kN/m'
ексцентицитет силе		e_z=	2.95	m
		$m_{w,z}^{+}$=	16.327	kNm/m
		$m_{w,z}^{-}$=	-16.327	kNm/m

Мост са саобраћајним оптерећењем / Bridge with traffic load

- оптерећење у **x правцу** од ветра на мост

растојање од GIŠ-a до горње ивице парапета		z=	-0.55	m
		d_{tot}=	5.55	m
референтна површина за x правац	$A_{ref,x}$=	$d_{tot}\cdot 1m'$=	5.55	m^2/m'
коефицијент силе за x правац	b/d_{tot}= 2.13	→ $c_{f,x}$=	1.86	
$F_{w,x,train}=q_b\cdot c_e\cdot c_{f,x}\cdot A_{ref,x}$=		$F_{w,x,train}$=	5.3857	kN/m'
ексцентрицитет силе		e_x=	2.43	m
		$m_{w,x}$=	13.087	kNm/m

- оптерећење у **z правцу** од ветра на мост

d_{tot}= 11.8 m

референтна површина за z правац $A_{ref,z}$= d_{tot}·1m'= 11.8 m^2/m'

$F_{w,z}=q_b \cdot c_e \cdot c_{f,z} \cdot A_{ref,z}$= $F_{w,z}^{+}$= 5.5344 kN/m'

$F_{w,z}^{+}$= -5.5344 kN/m'

ексентицитет силе e_z= 2.95 m

$m_{w,z}^{+}$= 16.327 kNm/m

$m_{w,z}^{-}$= -16.327 kNm/m

Рекапитулација оптерећења / Load recapitulation

Оптерећење / Load	Мост без саобраћаја / Bridge	Мост са саобраћајем / Bridge with traffic
$F_{w,x}$ (kN/m)	1.08	5.39
$m_{w,x}$ (kNm/m)	0.17	13.09
$F_{w,y}$ (kN/m)	0.27	
$m_{w,y}$ (kNm/m)	0.04	
$F_{w,z}$ (kN/m)	5.53	5.53
$m_{w,z}$ (kNm/m)	16.33	16.33

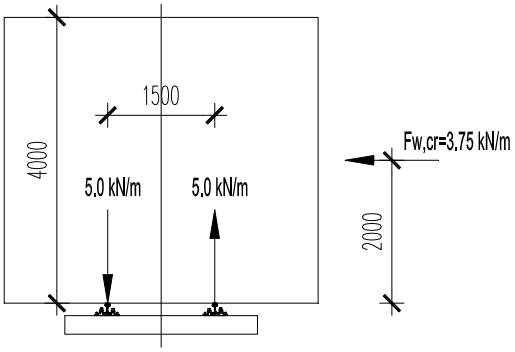
2.5.2 Ветар на стубове моста / Wind actions on bridge piers

стуб	z	$I_v(z)$	$c_r(z)$	$v_m(z)$	$q_p(z)$
	m	-	-	m/s	kN/m^2
2	5.0	0.2171	0.875	18.37	0.52
3	5.0	0.2171	0.875	18.37	0.52

стуб	d/b	c_f	d	$F_{w,x}$
	-	-	m	kN/m
2	0.046	2.00	1	1.04
3	0.046	2.00	1	1.04

стуб	b/d	c_f	b	$F_{w,y}$
	-	-	m	kN/m
2	21.900	0.90	21.9	10.27
3	21.900	0.90	21.9	10.27

2.5.3 Контрола стабилности за случај када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима



Контрола стабилности када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима, q_{kv}=10.0kN/m'

$F_{w,crt}$=5·1.5/2= 3,75 kN/m=qp·cf,x·Aref,x → q_p= 0,5035 kN/m^2

$v_p \leq$ 103,21 km/h

За брзину ветра > 103km/h саобраћај на мосту се не дозвољава

2.6 СЕИЗМИЧКО ОПТЕРЕЋЕЊЕ / SEISMIC ACTIONS A_E

2.6.1 Сеизмичке силе на конструкцију / Seismic actions on a bridge structure A_{Ed}

Пројектно сеизмичко оптерећење мостова одредиће се еквивалентном линеарном методом за пројектни еластични спектар одговора према поглављу 3.2.2.5 стандарда СРПС ЕН 1998-1, за коефицијент значаја γ_I=1.3 и класу значаја III, а за повратни период T_{NCR}=475 година. Гранични коефицијент β=0.2 (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.11).

The design seismic load of bridges is determined by the equivalent linear method for the design spectrum for elastic analysis according to Chapter 3.2.2.5 of SRPS EN 1998-1, with importance factor of the bridge γ_I=1.3 and the importance class III, for the reference return period T_{NCR} = 475 years. Lower bound factor for the horizontal design spectrum β=0.2 (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.11).

Горњи строј ослоњен на стубове преко еластомерних лежишта те се за фактор понашања усваја q=1.0 што одговара еластичном понашању.

Abutments and piers flexibly connected to the deck therefore behaviour factor q = 1.0, which corresponds to the elastic behavior.

Пројектни спектари за вертикалну компоненту сеизмичког дејства одређен је за S=1.0 и $a_{vg}=0.9\cdot a_g$ (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.7 (3)П; СРПС ЕН 1998-1, 3.2.2.5(5), СРПС ЕН 1998-1/НА Тачка 2.10).

For the vertical component of the seismic action the design spectrum is determined for S = 1.0 and $a_{vg}=0.9\cdot a_g$ (SRPS EN 1998-2, 4.1.7 (3) P; SRPS EN 1998-1, 3.2.2.5 (5), SRPS EN 1998 -1/ NA Clause 2.10).

Еквивалентна статичка сеизмичка сила одредиће се применом методе основног мода, уз комбиновање компоненти сеизмичког дејства за три разматрана правца (СРПС ЕН 1998-2, 4.2.2.1 и 4.2.1.4) како је приказано у прорачунским комбинацијама.

Equivalent static seismic force is determined using the fundamental mode method, combining the components of seismic action for the three considered directions (SRPS EN 1998-2, 4.2.2.1 and 4.2.1.4) as shown in the load combinations.

$$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$$

Извод из геотехничког елабората / Excerpt from the geotechnical report

According to the soil typification (SRPS EN 1998-1), the soil is characterized as a soil of "C" type - deposits of dense or medium-dense sand, gravel or solid clay.

- **Тип 1** хоризонталног еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.9)

  Type 1 horizontal elastic response spectra (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.9)

Тип тла / Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
C	1.15	0.20	0.60	2.0

- **Тип 1** вертикалног еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.10)

  Type 1 vertical elastic response spectra (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.10)

S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
1.0	0.05	0.15	1.0

Пројектно убрзање тла на тлу типа А a_g=0.1·g (СРПС ЕН 1998-1/НА, Табела А.1)

Design ground acceleration on type A ground a_g=0.1·g (SRPS EN 1998-1/NA, Table A.1)

SRPS EN 1998-1/NA:2018 © ИСС 2018

Табела А.1 – Насељена места са вредностима референтног максималног хоризонталног убрзања на тлу типа А за повратни период од 475 година, зоном и типом спектра (3/3)

Место	a_{gR}(g)	Зона	Тип спектра
Нови Сад	0,10	Z2	тип 1

Периоди осциловања конструкције у подужном, попречном и вертикалном правцу

Period of the fundamental mode of vibration for the longitudinal, transverse and vertical directions

Фактори оптерећења за прорачун маса (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.2(4)П)

Load factors for mass calculation (SRPS EN 1998-2, 4.1.2 (4) P)

No	Назив	Коефицијент
1	Gk1 sopstvena tezina (g)	1.00
2	Gk2 stalni teret	1.00

Распоред маса по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]	Маса [T]	T/m²
	0.00	23.89	9.64	***3405.00***	3.98
	-0.80	***23.89***	***9.65***	580.82	
	-4.80	22.85	9.75	2266.62	12.53
	-6.80	23.93	9.79	1523.04	8.42
	-19.55	0.00	0.00	0.00	
Укупно:	-2.79	23.59	9.70	7775.48	

Положај центара крутости по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]
	0.00	23.91	9.68
	-0.80	***23.89***	***9.65***
	-4.80	23.89	9.65
	-6.80	23.89	9.65

Ексцентрицитет по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]
	0.00	0.03	0.04
	-0.80	***0.00***	***0.00***
	-4.80	1.04	0.10
	-6.80	0.04	0.14

Подужну сеизмичку силу прихватају средњи стубови “C2“ и “C3“, чија је маса мања од 20% масе плоче 2·21.9·4.89·1·25/3405·9.81=0.16=16% може се применити метода основног мода (СРПС ЕН 1998-2, 4.2.2.2 (а)).

Ексцентицитет центара крутости ослоначких елемената у односу на центра масе коловозне плоче, није већи од 5% дужине коловозне конструкције.

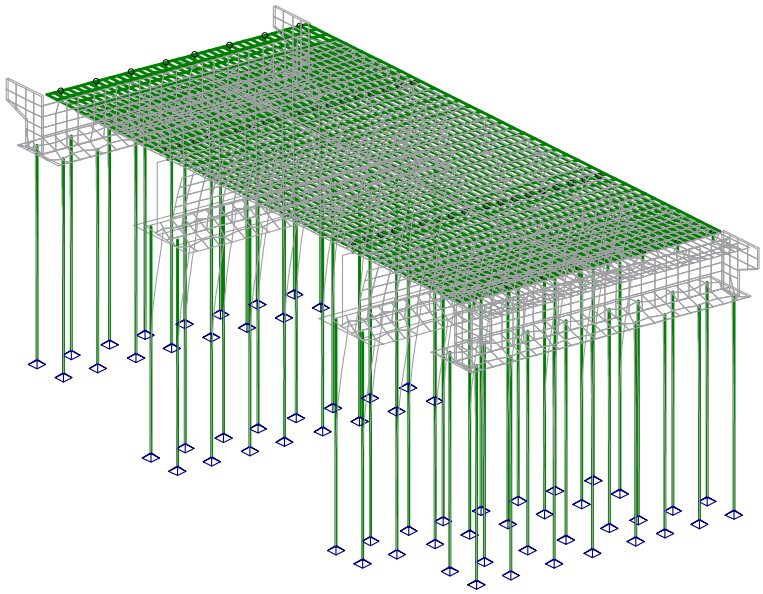
Услов e_o=23.89-23.89=-0m < 0.05·42.05=2.1m је испуњен и може се применити метода основног мода и за попречни правац осциловања (СРПС ЕН 1998-2, 4.2.2.2 (б)).

Осциловање конструкције у подужном правцу

Напредне опције сеизмичког прорачуна:

Спречено осциловање у Y правцу

Спречено осциловање у Z правцу



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.5642сек / f=1.77Hz]

Период осциловања конструкције

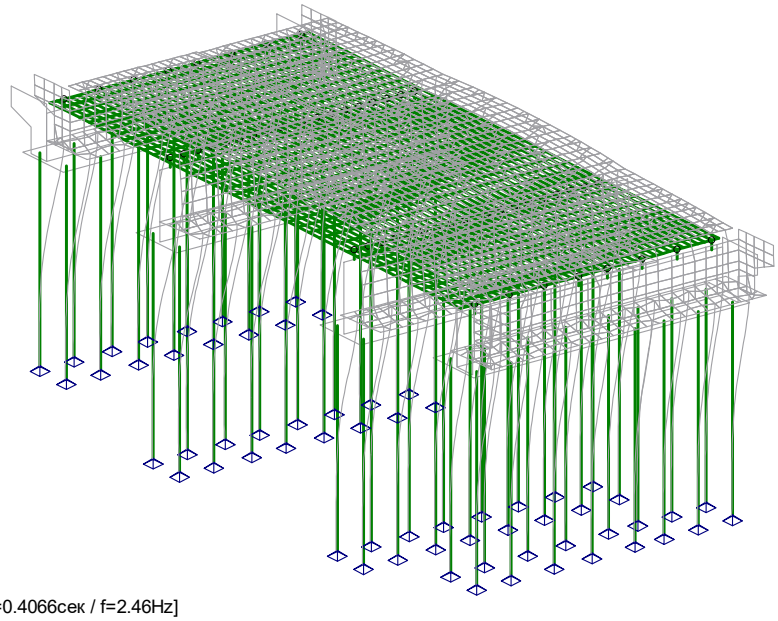
No	T [s]	f [Hz]
1	**0.5642**	1.7723
2	0.2500	4.0002
3	0.2347	4.2603

Осциловање конструкције у попречном правцу

Напредне опције сеизмичког прорачуна:

Спречено осциловање у X правцу

Спречено осциловање у Z правцу

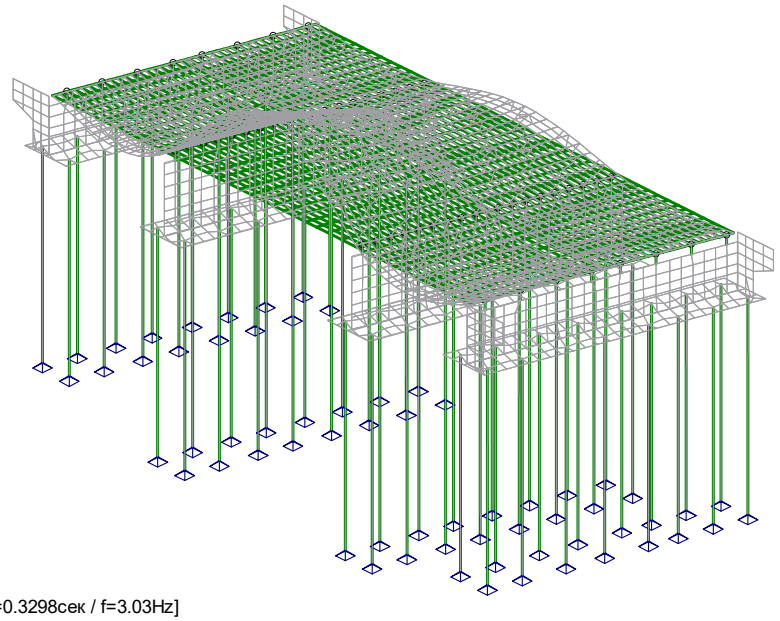


Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.4066сек / f=2.46Hz]

No	T [s]	f [Hz]
1	**0.4066**	2.4592
2	0.3518	2.8429
3	0.2234	4.4760

Периоди осциловања конструкције у оба хоризонтална правца X и Y испуњавају услов $T_y<0.9\cdot T_x=0.4321<0.9\cdot 0.7127=0.641$, те се сваки правац осциловања конструкције може анализирати засебно (СРПС ЕН 1998-1, 4.3.3.3.2).

Осциловање конструкције у вертикалном правцу за контролу лежишта (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.7 3(П))
Напредне опције сеизмичког прорачуна:
Спречено осциловање у X правцу
Спречено осциловање у Y правцу



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.3298сек / f=3.03Hz]

Период осциловања конструкције

No	T [s]	f [Hz]
1	**0.3298**	3.0324
2	0.3290	3.0397
3	0.2455	4.0730

γ_I= 1.3

	Сеизмичко оптерећење на						коловозну конструкцију 21m·42.1m				
Правац дејства глобалне осе	T [s]	S	a_g од g	a_{vg} од g	$S_d(T)$	$S_{ve}(T)$	G_{k1} [kN]	g_{k1} [kN/m^2]	G_{k2} [kN]	g_{k2} [kN/m^2]	a_{Ed} [kN/m^2]
X	0.5642	1.15	0.1		0.288		18362	21	15041	17	14
Y	0.4066	1.15	0.1		0.288						14
Z	0.3298	1		0.09		0.225					11

	Сеизмичко оптерећење на						средње стубове	
Правац дејства глобалне осе	T [s]	S	a_g од g	a_{vg} од g	$S_d(T)$	$S_{ve}(T)$	g_{k1} [kN/m^2]	a_{Ed} [kN/m^2]
X	0.5642	1.15	0.1		0.306		25	10
Y	0.4066	1.15	0.1		0.288		25	9

За обалне стубове који су флексибилно преко лежишта везани са коловозном конструкцијом, сеизмичке силе које делују на стуб као и на масу тла која лежи на наглавној греди, одређују се за пројектно убрзање које одговара убрзању тла $S_d(T)=a_g \cdot S$ (СРПС ЕН 1998-2, 6.7.2(2)b).

Inertia forces acting on the mass of the abutment and on the mass of earth fill lying over its foundation, is determined on the basis of the design ground acceleration Sd(T)=ag·S (SRPS EN 1998-2, 6.7.2(2)b).

Сеизмичко оптерећење на		обалне стубове 21.9m·2.4m			наглавне греда обални стубови		
Правац дејства глобалне осе	$S_d(T)$	G_{k1} [kN]	g_{k1} [kN/m^2]	a_d [kN/m^2]	g_{k1} [kN/m^2]	g_{k3} [kN/m^2]	a_{Ed} [kN/m^2]
X	0.115	2000	38	6	30	97	19
Y	0.115			6			19

2.6.2 Сеизмички притисак тла / Seismic earth pressure E_{Ed}

Укупна прорачунска сила $\mathbf{A_{Ed}}$ којом тло делује на укопане стубове срачуната је применом поједностављене анализе (СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е). Уколико се статички притисак земље наноси као „активни“ онда се користи следећа формула (ЕН1998-5,Прилог Е, Е3):

The total design force acting on the abutments is calculated using a simplified analysis (SRPS EN 1998-5, Annex E). If static earth pressure is applied as "active" then the following formula is used (EN1998-5, Annex E, E3):

$$A_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K_{eff} \cdot H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

СРПС ЕН 1998-5:2004, Прилог Е

H= 4.8 m B= 1 m

γ^*= 20 kN/m^3

φ'= 35 ° = 0.61 rad

γ_ϕ'= 1

$\phi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right)$ = 35.00 ° 0.61 rad

δ= 0 ° = 0 rad површине премазане битуменом

$\delta_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\delta}{\gamma_{\phi'}}\right)$ = 0.00 ° 0 rad

β= 0 ° = 0 rad

ψ= 90 ° = 1.57 rad

α= 0.1

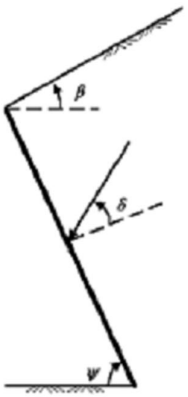
S= 1.15 (СРПС ЕН 1998-1, 3.2.2.2)

r= 1 (СРПС ЕН 1998-5, Табела 7.1)

$k_h=\alpha \cdot S/r$= 0.115 (СРПС ЕН 1998-5, 7.3.2.1; 7.1)

a_{vg}= 0.09 a_{vg}/a_g= 0.9

a_g= 0.1



$k_v=\pm 0.5 k_h$ ако је $a_{vg}/a_g>0.6$ (СРПС ЕН 1998-5, 7.3.2.1; 7.2-7.3)

$k_v=\pm 0.33 k_h$ у осталим случајевима

k_v= 0.058

a)

$tg\theta = k_h/(1+k_v) =$ 0.109 → $\theta =$ 6.21 ° = 0.10832 rad (E.6)

(СРПС ЕН 1998-5, Прилог E, E.4)

$$\beta[\leq \phi']\_d - \theta \quad \rightarrow \quad K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d)\sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d)\sin(\psi + \beta)}}\right]^2} \quad \text{(E2)}$$

$$\beta[> \phi']\_d - \theta \quad \rightarrow \quad K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)} \quad \text{(E3)}$$

K= 0.353

$E_d = 1/2\ \gamma^* (1 \pm kv) K \cdot H^2 + Ews + Ewd$ = 86.116 kN/m (E1)

$a_{Ed} = 1/2\ \gamma^* (1 \pm kv) K \cdot H^2 + Ews + Ewd$ = 17.941 kN/m^2

2.7 ИНЦИДЕНТНА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACCIDENTAL ACTIONS

2.7.1 Утицај исклизнућа железничких возила / Derailment actions Q_{A1d}, q_{A1d}, q_{A2d}

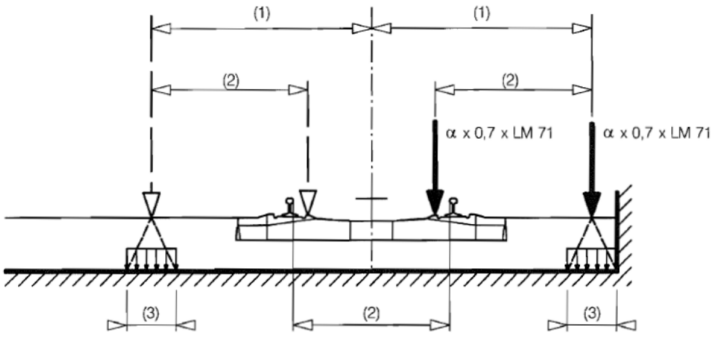
Утицај изклизнућа железничких возила разматран као инцидетно оптерећење (СРПС ЕН 1991-2, 6.7).

Разматране су две прорачунске ситуације – 1 и 2. Свака се проверава посебно. Комбинацију ових оптерећења не треба разматрати. Силе услед исклизнућа се не множе динамичким коефицијентом.

Derailment of rail traffic is considered as an Accidental Design Situation (SRPS EN 1991-2, 6.7)

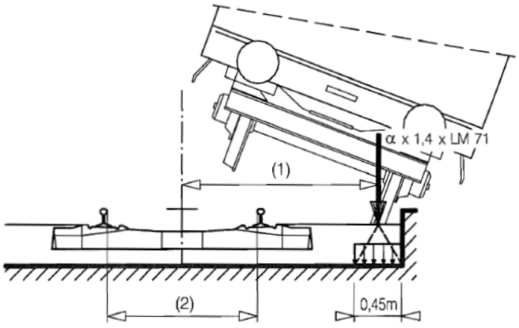
Two design situations are considered - 1 and 2. Design Situations are examined separately. A combination of these loads is not considered. No dynamic factor is applied to these design loads.

Прорачунска ситуација 1 – исклизнуће железничких возила када исклизнута возила остају на подручју колосека на распонском склопу моста, а возила су задржана суседном шином или издигнутим зидом. Услед ове прорачунске ситуације не сме доћи до лома главних носећих елемената.



Прорачунска ситуација 1 – вредности сила Q_{A1d} i q_{A1d}

Прорачунска ситуација 2 – исклизнуће железничких возила када исклизнуто возило балансира. За ову прорачунску ситуацију не сме доћи до лома и губитка стабилности конструкције. За контролу глобалне стабилности, оптерећење q_{A2d} може нанети највише на 20m дужине.



Прорачунска ситуација 2 – вредност силе q_{A2d}

2.7.2 Удар друмских возила о стубове моста / Impact of road vehicles on substructures F_{dx},F_{dy}

Оријентационе прорачунске силе удара друмских возила на елементе моста, према СРПС ЕН 1991-1-7, Табела 4.1.

Indicative equivalent static design forces due to vehicular impact on piers, according to SRPS EN 1991-1-7, Table 4.1.

Градске саобраћајнице Roads in urban area	F_{dx}=500kN	F_{dy}=250kN

3 ПРИНЦИПИ КОМБИНОВАЊА ОПТЕРЕЋЕЊА / COMBINATIONS OF ACTIONS

Комбинације оптерећења формиране су у складу са СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990/НА.

Combinations of actions are formed in accordance with SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990/NA.

У наставку анализе оптерећења биће приложен само општи принцип комбиновања оптерећења док ће при прорачуну сваког појединачног елемента бити дате конкретне (меродавне) комбинације оптерећења за тај елемент.

3.1 ПРЕГЛЕД ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS

Тип оптерећења	Назив оптерећења	Ознака оптерећења
Стална оптерећења Permanent loads (**G**)	Сопствена тежина конструкције / Self-weight	$G_{k,1}$
	Стални терет на мосту / Dead load	$G_{k,2}$
	Тежина земље / Weight of the soil	$G_{k,3}$
	Скупљање / Shrinkage	**S**
Променљиво оптерећење услед дејства железничког саобраћаја Traffic actions (Q_1)	Покретно оптерећење од воза – LM71, SW/0, SW/2	$Q_{v,1}$
	Празни вагони / Unloaded train	$q_{v,2}$
	Оптерећење на ревизионим стазама	q_{fk}
	Центрифугална сила / Centrifugal force	Q_{tk}
	Сила бочног удара / Nosing force	Q_{sk}
	Силе од кочења и покретања воза / Traction and braking forces	Q_{lak}, Q_{lbk}
Остала променљива оптерећења Other variable actions (Q_i)	Утицаји од температуре / Thermal actions	T_k
	Оптерећење ветром / Wind forces	F_{wk}
	Сила трења у лежиштима / Friction force in bearings	Q_{tr}
	Притисак тла / Earth pressure	E_d
Сеизмичко оптерећење Seismic actions (A_E)	Сеизмика – конструкција моста / On a bridge structure	A_{Ed}
	Сеизмички притисак тла / Seismic earth pressure	E_{Ed}
Инцидентна оптерећења Accidental actions (A_d)	Исклизнуће железничких возила / Derailment actions	$Q_{A1d}, q_{A1d}, q_{A2d}$
	Удар друмских возила / Impact of road vehicles	F_{dx}, F_{dy}

Групе оптерећења услед железничког саобраћаја формиране су у складу са СРПС ЕН 1991-2, табела 6.1.

Groups of Loads for rail traffic according to SRPS EN 1991-2, Table 6.11.

Препоручене вредности ψ фактора за железничке мостове, у складу са СРПС ЕН 1990, додатак А2, табела А2.3.

Recommended values of ψ factors, according to SRPS EN 1990, Annex A2, Table A2.3.

Вредност γ фактора у складу са СРПС ЕН 1990, додатак А2, табеле А2.4 (А,Б,Ц); А2.5 и А2.6.

The γ values in accordance with SRPS EN 1990, Appendix A2, Tables A2.4 (A, B, C); A2.5 and A2.6.

3.2 ПРОРАЧУНСКЕ КОМБИНАЦИЈЕ / DESIGN COMBINATION OF ACTIONS

3.2.1 Гранична стања носивости / Ultimate limit states (ULS)

3.2.1.1 Комбинације дејстава за стална или пролазне прорачунске ситуације (Основне комбинације) / Combinations of actions for persistent or transient design situations (Fundamental combinations)

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}\ "+"\ \gamma_{Q,1}Q_{k,1}\ "+"\ \sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.1.1	$1.35\ \text{ili}\ 1(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+1.45\cdot(Q_{y,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+1.50\cdot(0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$
1.1.2	$1.35\ \text{ili}\ 1(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+1.45\cdot(Q_{y,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+1.5\cdot(0.75F_{wk,train}+0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$
1.1.3	$1.35\ \text{ili}\ 1(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+1.5\cdot T_k+1.45\cdot(0.8(Q_{y,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk}))+1.5\cdot(0.8q_{fk}+0.75F_{wk,trai}$

3.2.1.2 Комбинације дејстава за сеизмичке прорачунске ситуације / Combinations of actions for seismic design situations

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\ "+"\ A_{Ed}\ "+"\ \sum_{i\geq 1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.2.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+A_{E,y}+0.3\cdot A_{E,x}+0.3\cdot A_{E,z}+0.5\cdot T_k$ *- попречни правац*
1.2.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+A_{E,x}+0.3\cdot A_{E,y}+0.3\cdot A_{E,z}+0.5\cdot T_k$ *- подужни правац*
1.2.3	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+A_{E,z}+0.3\cdot A_{E,x}+0.3\cdot A_{E,y}+0.5\cdot T_k$ *- вертикални правац*

3.2.1.3 Комбинације дејстава за инцидентне прорачунске ситуације / Combinations of actions for accidental design situations

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}\ "+"\ A_d+\psi_{1,1}Q_{k,1}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.3.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+Q_{Ad}+0.8\cdot(1\ \textit{за}\ SW/2)\cdot Q_{v,1}$
1.3.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+1.5ili1\cdot E+F_d$

3.2.2 Гранична стања употребљивости / Serviceability limit states (SLS)

3.2.2.1 Карактеристична комбинација дејстава за неповратна гранична стања / Characteristic combination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.1.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+(Q_{v,1}+Q_{tk})$
2.1.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+(Q_{v,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})$
2.1.3	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+(Q_{v,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+(0.75F_{wk,train}+0.8q_{fk}+0.6\cdot T_k)$
2.1.4	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+T_k+(0.8(Q_{v,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk}))+(0.8q_{fk}+0.75\cdot F_{wk,train})$

3.2.2.2 Честа комбинација дејстава за повратна гранична стања / Frequent combination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.2.1	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+0.8\cdot(Q_{v,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})$
2.2.2	$(G_{k,1}+G_{k,2}+G_{k,3})+S+E+0.8\cdot(Q_{v,1}+Q_{tdk}+0.5Q_{sk}+Q_{tk})+0.5\cdot T_k$

3.2.2.3 Квази-стална комбинација дејстава за дуготрајна дејства и изглед конструкције / Quasi-permanent combination

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } \sum_{i>1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.3.1	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+0.5\cdot T_k$

4 СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATES

4.1 УВРТАЊЕ КОЛОВОЗНЕ ПЛОЧЕ / DECK TWIST

За карактеристичне вредности саобраћајног оптерећења услед шема оптерећења LM71, SW/0 и SW/2, увећаних коефицијентима Φ_3 и α, уврtање плоче се ограничава у складу са СРПС ЕН 1990, А2.4.4.2.2. односно тачке 2.2.27 СРПС ЕН 1990/НА.

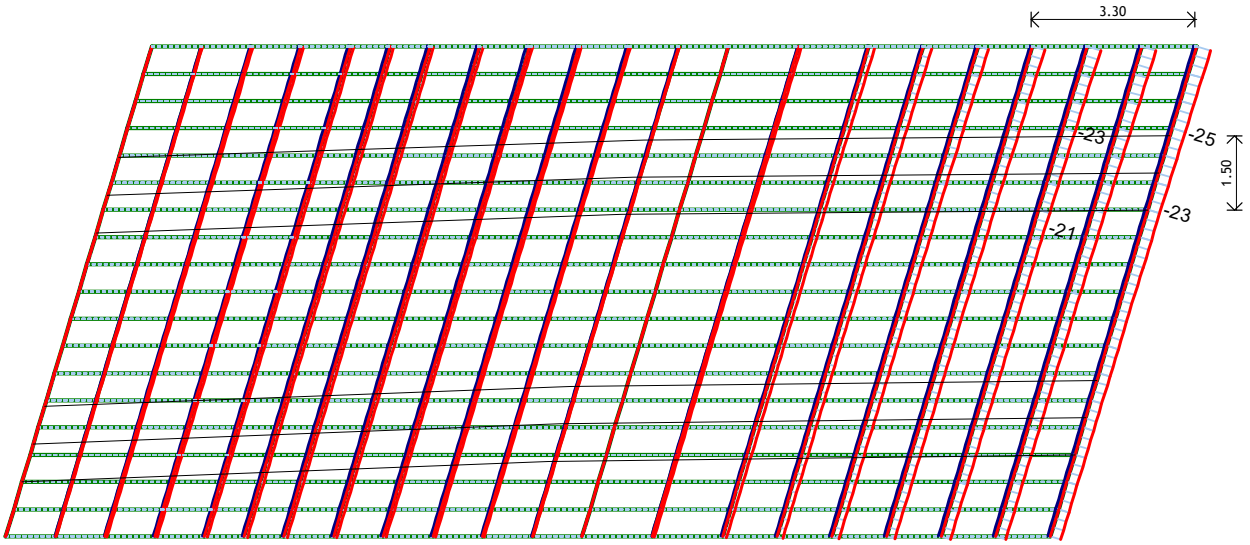
The twist of the bridge deck shall be calculated taking into account the characteristic values of Load Model 71 as well as SW/0 or SW/2 as appropriate multiplied by Φ and α (SRPS EN 1990, A2.4.4.2.2 and SRPS EN 1990/NA Clause 2.2.27).

Код двоколосечних конструкција једнн или оба колосека могу бити оптерећени (СРПС ЕН 1991-2, 6.8).

For bridge decks carrying two tracks, one or both tracks may be loaded, whichever is critical (SRPS EN 1991-2, 6.8).

$_{max}t_{Qk,1}<t_1=4.5mm/3m=1.5mm/m$ v=80km/h

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Zп= 6 / min Zп= -28 m / 1000

t/3.3m = (25-21) =4mm → $_{max}t_{Qk,1}=4/3.3=1.2mm/m < t_1=1.5mm/m$

4.2 ПОПРЕЧНЕ ДЕФОРМАЦИЈЕ И СОПСТВЕНЕ ХОРИЗОНТАЛНЕ ФРЕКВЕНЦИЈЕ / TRANSVERSE DEFORMATION AND VIBRATION OF THE DECK

Према члану А2.4.4.2.4 стандарда СРПС ЕН 1990, први тон сопствене фреквенције бочних осцилација не треба да буде мањи од f_{b0}. Тачком 2.2.33 - А2.4.4.2.4(3) Националног анкеса СРПС ЕН 1990/НА минимална сопствена фреквенција првог тона осциловања износи $f_{b0}=1.2Hz$.

The first natural frequency of lateral vibration of a span should not be less than $f_{b0}=1.2Hz$ (SRPS EN 1990, A2.4.4.2.4(3) and SRPS EN 1990/NA Clause 2.2.33).

Напредне опције сеизмичког прорачуна:

Спречено осциловање у X правцу

Спречено осциловање у Z правцу

Фактори оптерећења за прорачун маса

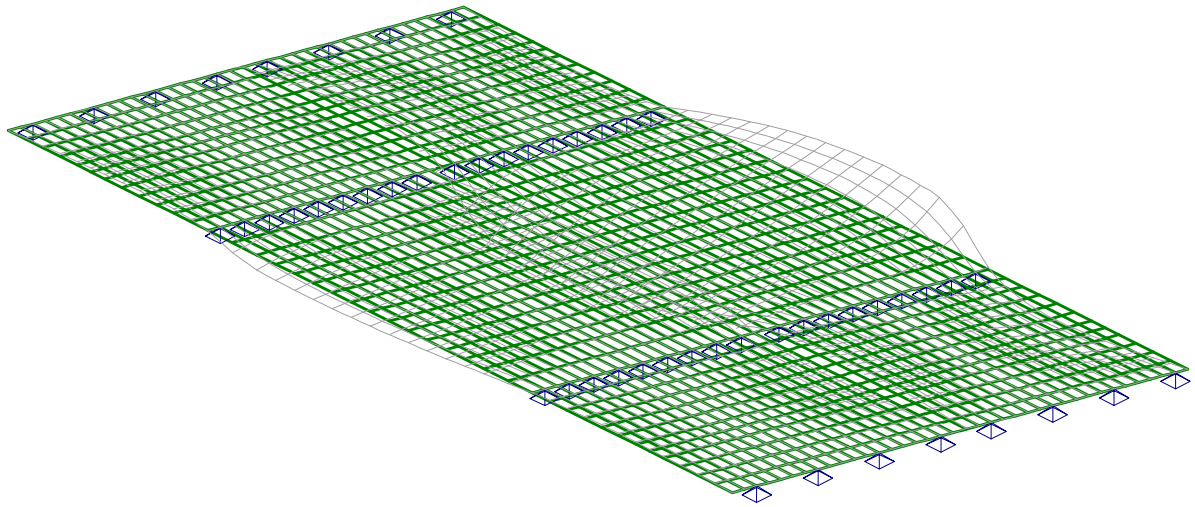
No	Назив	Коефицијент	
1	Gk1 sopstvena tezina (g)	1.00	
2	Gk2 stalni teret	1.00	

Распоред маса по висини објекта

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]	Маса [T]	T/m²
	0.00	23.89	9.64	2042.88	
Укупно:	0.00	23.89	9.64	2042.88	

Периоди осциловања конструкције

No	T [s]	f [Hz]
1	0.0658	15.2043
2	0.0658	15.2043
3	0.0658	15.2043



Изометрија
Форма осциловања: 1/4 [T=0.0658сек / f=15.20Hz]

15.2Hz > 1.2Hz → услов граничне фреквенције испуњен

Прва основна фреквенција осциловања просторне конструкције узимајући у обзир и утицај субструктуре, приказана је у поглављу 2.6, задовољава услов:

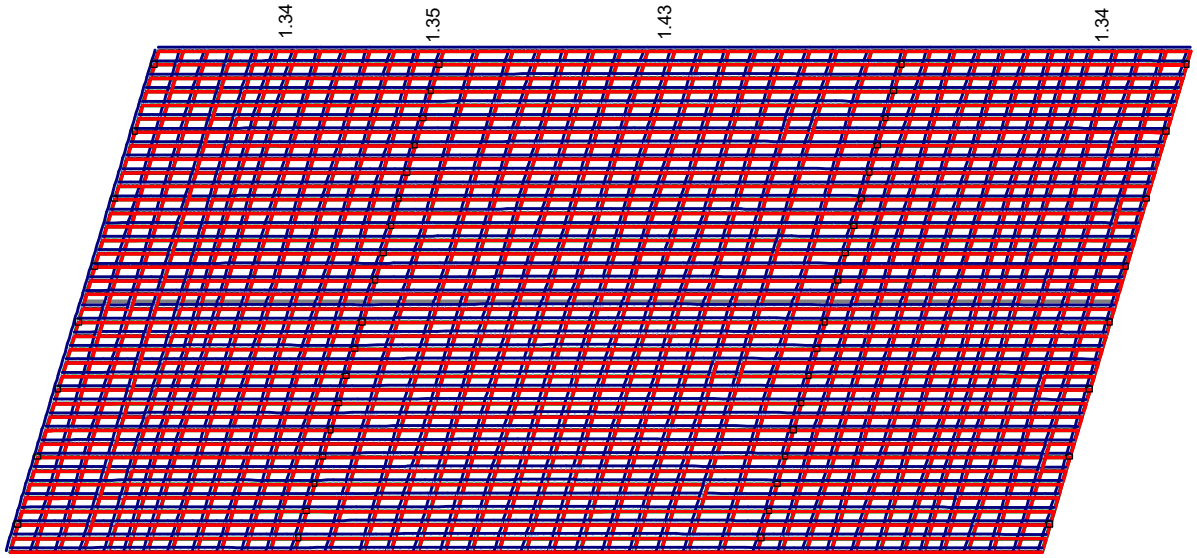
2.4592Hz > 1.2Hz → услов граничне фреквенције испуњен

Попречно померање у врху коловозне конструкције / Transverse deformation

Попречно померање у врху коловзне конструкције услед карактеристичне комбинације оптерећења, одређено је у просторном прорачунском моделу узимајући у обзир и попречно померање субструктуре.

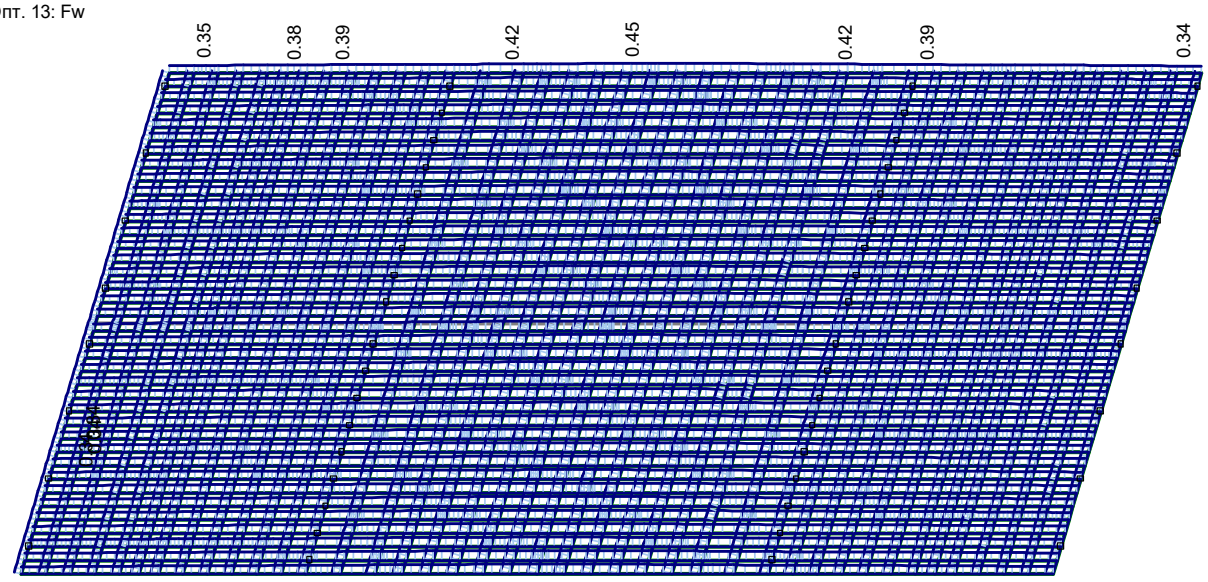
The transverse deformation includes the deformation of the bridge deck and the substructure.

Опт. 16: 0.75xV+0.75xVI+0.75xX



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Yп= 1.63 / min Yп= -0.25 m / 1000

Опт. 13: Fw



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Yп= 0.45 / min Yп= 0.32 m / 1000

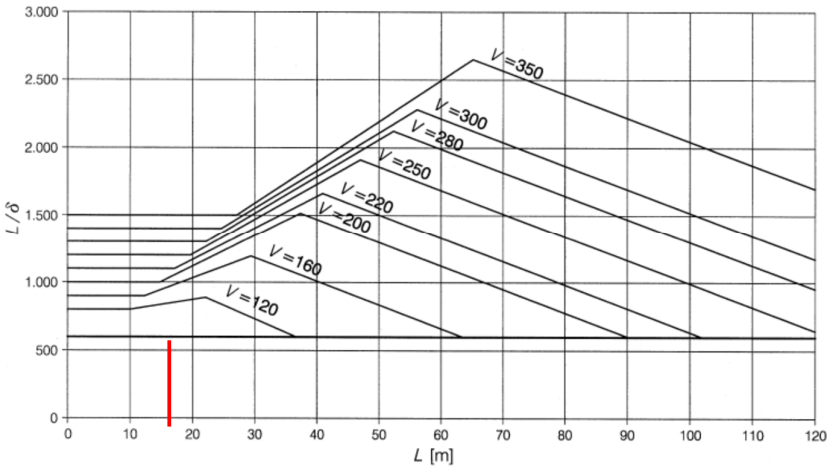
$\max\delta_h = \delta_{h,LM71} + \delta_{h,Fw,train} + \delta_{h,To} = 1.43+0.45+2.8\cdot10^3\cdot57\cdot1\cdot10^{-5} = 3.5mm$

$r = L^2/8\cdot\delta_h = 18.85^2/8\cdot3.5\cdot10^{-3} = 12690 > r_4 = 3500$ услов је испуњен

4.3 УГИБИ КОНСТРУКЦИЈЕ / VERTICAL DEFLECTION

Према члану А2.4.4.3, тачка (5), стандарда СРПС ЕН 1990, максимални угиб конструкције услед шема саобраћајног оптерећења само на једном колосеку, увећане динамичким коефицијентом Φ_3 и α=1, за брзину v=80 km/h, за статички систем континуалне греде износи L/0.9·600.

Maximum vertical deflections of the structure due to traffic load on one track, multiplied by the dynamic coefficient Φ_3 and α=1, for the speed v = 80 km / h, for the continuous beams is L/0.9·600 (SRPS EN 1990, A2.4.4.3(5)).



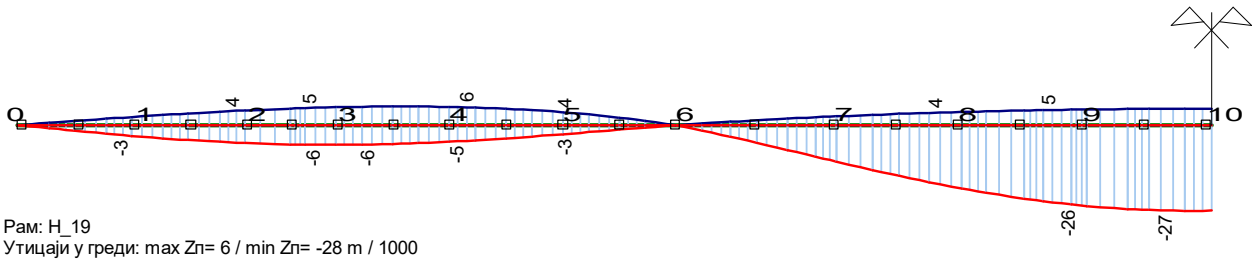
Граничне вредности вертикалног угуба одређене су из услова удобности путника (СРПС ЕН 1990, А2.4.4.3).

За веома добар ниво удобности, максимални угиби износе / For very good level of comfort:

$max\delta = \frac{18{,}85}{0.9 \cdot 600}$ =0.035m=35mm

4.3.1 Угиби конструкције / Vertical deflection

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



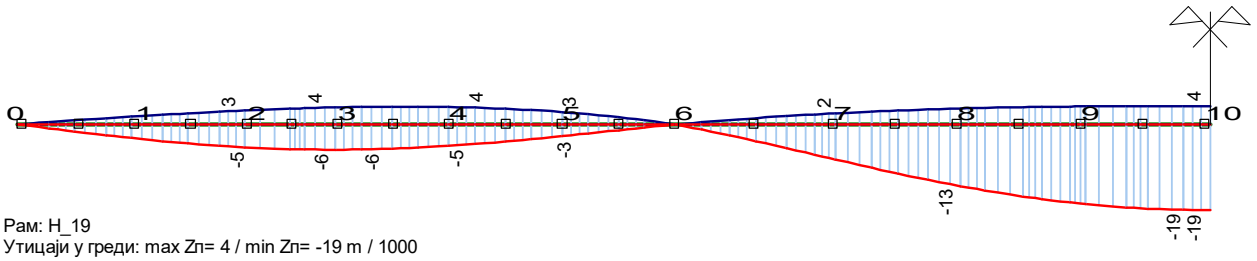
Рам: H_19
Утицаји у греди: max Zп= 6 / min Zп= -28 m / 1000

Максимални угиби

$max\delta = 29/1.21 = 24mm < 35mm \rightarrow$ **веома добар ниво удобности / very good level of comfort**

Угиб конструкције услед оптерећења само на једном колосеку

Опт. 3: axΦ3xLM71 + axQtk - II kolose



Рам: H_19
Утицаји у греди: max Zп= 4 / min Zп= -19 m / 1000

Максимални угиб конструкције двоколосечног моста услед саобраћајног оптерећења на једном колосеку не сме бити већи од L/800=23.6mm (СРПС ЕН 1990/НА, Тачка 2.2.29).

The maximum deflection of the two-track bridge structure due to the traffic load on one track must not exceed L / 800 = 23.6 mm (SRPS EN 1990 / NA, Clause 2.2.29).

$\delta_{LM71/1\text{ колосек}} = 19/1.21 = 16mm < 23.6mm$

$\delta_{stat} = 19/1.261 = 15mm < 23.6mm$

Услови у погледу ограничења угиба су задовољени.

The conditions regarding the limitation of deflection are satisfied.

4.4 ХОРИЗОНТАЛНА ПОМЕРАЊА / LONGITUDINAL DISPLACEMENT

Чланом А2.4.4.2.5 стандарда СРПС ЕН 1990, хоризонтална померања крајева коловозне конструкције железничких мостова ограничавају се према одредбама СРПС ЕН 1991-2, 6.5.4.5.2.

The longitudinal displacement of the upper surface of the deck at the end of a deck are limited according to the SRPS EN 1991-2, 6.5.4.5.2.

4.4.1 Релативно хоризонтално померање услед покретног оптерећења / Due to vertical traffic actions

Према члану 6.5.4.5.2 стандарда СРПС ЕН 1991-2, за максимално хоризонтално померање коловозне конструкције у подужном правцу, не сме прекорачити вредност:

The longitudinal displacement of the upper surface of the deck at the end of a deck are limited according to the SRPS EN 1991-2, 6.5.4.5.2.

- δ_H **= 8mm** услед шеме корисног оптерећења LM71, када је узето у обзир садејство конструкције и колосека.

Горња ивица плоче се налази на
H ≈ 380 mm од осе конструкције.

На стубу са покретним лежиштем	$Q_{v,1}$	
	max	min
$X_p = \delta_{H,axis}$ [mm]	0.23	0
$Y_r = \theta$ [radx10^{-3}]	1.71	-1.26
$\delta_{H,r3} = H \times \sin\theta$ [mm]	0.65	-0.48
$\delta_H = \delta_{H,axis} + \delta_{H,r3}$ [mm]	0.88	-0.48

max δ_H =0.88mm < 8mm → *услов је испуњен / limitation is met*

4.4.2 Релативно хоризонтално померање услед силе кочења и покретања / Due to traction and braking

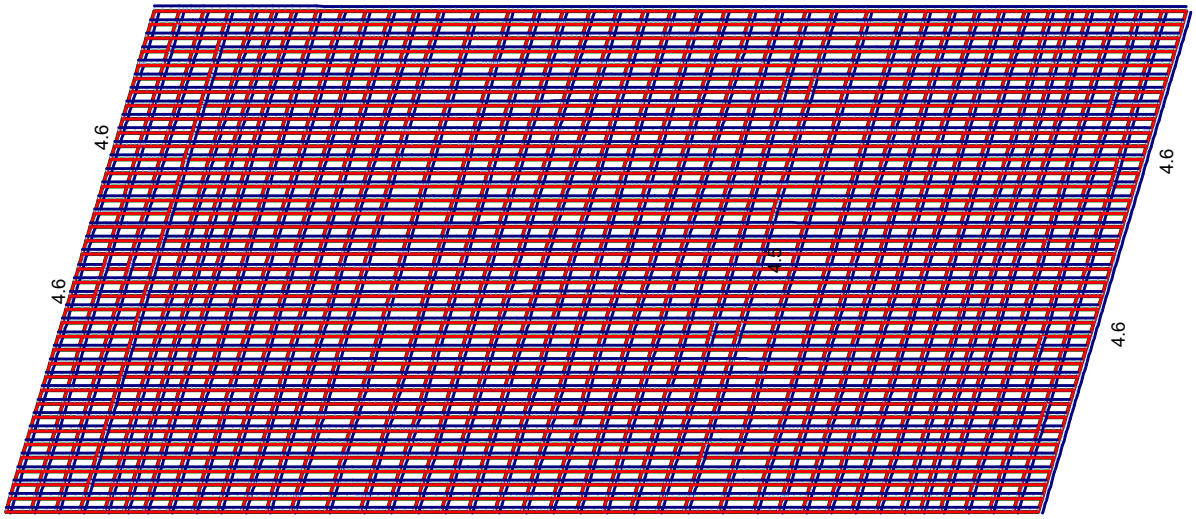
Према члану 6.5.4.5.2 стандарда ЕН 1991-2, максимално релативно хоризонтално померање у подужном правцу између коловозне конструкције и опорца, не сме прекорачити вредност:

δ_B **= 5mm** услед сила кочења односно покретања за континуално заварене шине без дилатационе справе.

Оптерећење делују само на два колосека (СРПС ЕН 1991-2, Табела 6.10).

Loaded two tracks (SRPS EN 1991-2, Table 6.10).

Опт. 42: [Qlak, Qlbk] 1-32

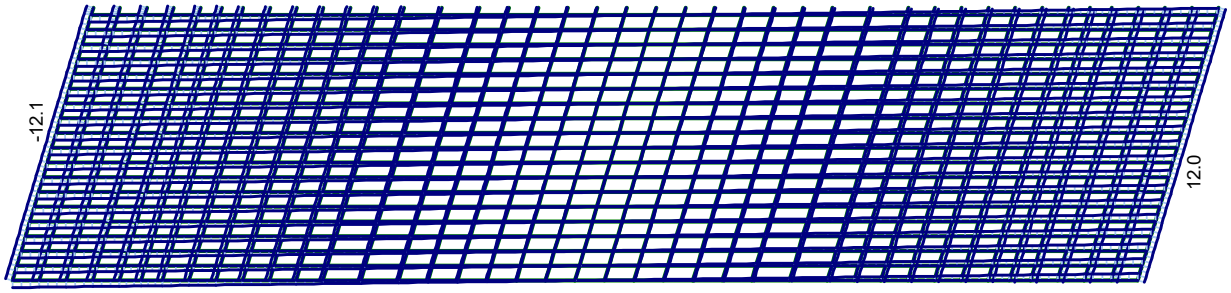


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 4.9 / min Xп= 1.4 m / 1000

max δ_B=4.6mm<5mm → *услов је задовољен / limitation is met*

4.4.3 Релативно хоризонтално померање услед дејства температуре

Опт. 3: To 57



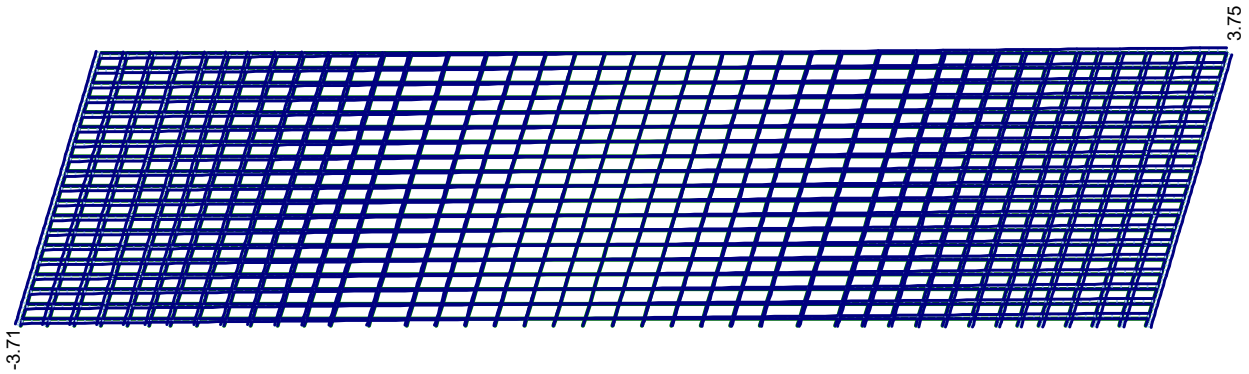
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 12.0 / min Xп= -12.1 m / 1000

Померање конструкције над стубовима са покретним лежиштем

над стубовима C1 и C4 $\delta_{H,T}$ =±12mm pri T=±57° C

4.4.4 Релативно хоризонтално померање услед скупљања

Опт. 4: S

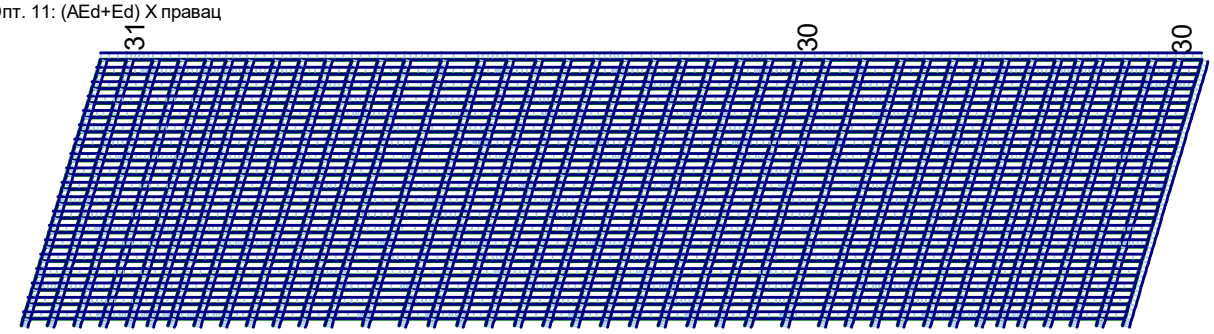


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 3.75 / min Xп= -3.71 m / 1000

Померање конструкције над стубовима са покретним лежиштем над стубовима С1 и С4 $\delta_{H,Sh}$ =4mm

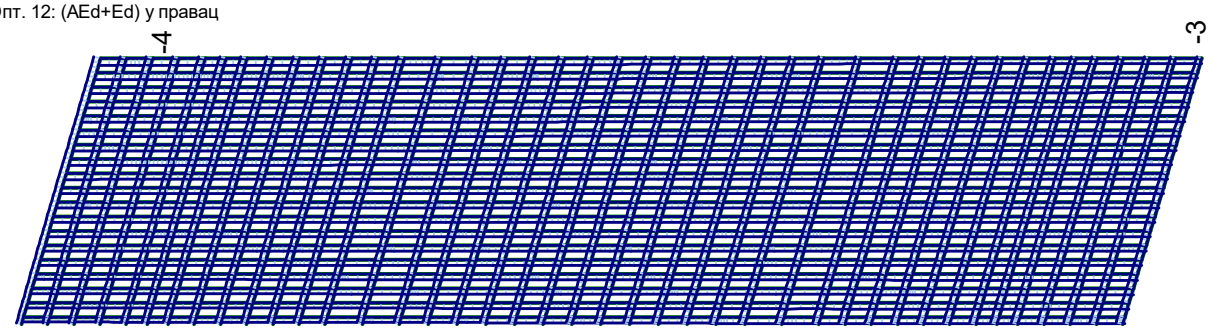
4.4.5 Релативно хоризонтално померање услед сеизмике

Опт. 11: (AEd+Ed) X правац



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= 31 / min Xп= 30 m / 1000

Опт. 12: (AEd+Ed) y правац



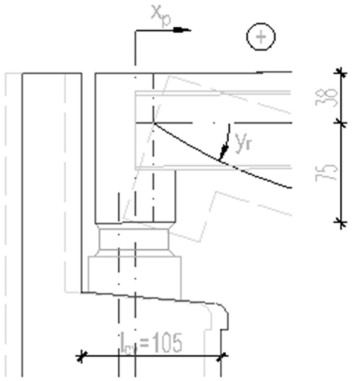
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max Xп= -3 / min Xп= -4 m / 1000

d_{Ee}=31+0.3·4=±32.2mm

4.4.6 Укупно релативно хоризонтално померање

Релативна хоризонтална померање конструкције у нивоу дилатационе справе и лежишта.
Relative horizontal displacement of the structure at the level of the expansion device and the bearing.

Конвенција померања приказана је на скици
The convention is shown in the figure



	Стуб C1 Abutment C1	Конструкција Structure		Дилатација Expansion joint	Лежиште Bearing
	$x_{p,abutm}$ [mm]	$x_{p,str.}$ [mm]	$y_{r,str.}$ [rad]	x_p [mm]	x_p [mm]
$G_{k,2}$	-2	0	0.48	2	-2
S		4		4	4
$\alpha \cdot Q_{v,1}+\alpha \cdot Q_{sk}+dE_{d,Qv,k}$		0.23	1.71	1	-1
$0.6\alpha \cdot Q_{lak}$		4.6		5	5
T_k		12		12	12
A_E		32.2		32	32
Q_{Ad}		0.1	2.73	1	-2

Померања услед сталних и промењљивих дејстава

$\delta_H = \delta_{H,Gk2} + \delta_{H,S}\ \delta_{H,Qv,k+Qsk+dEd,Qv} + \delta_{H,Qlak} + \delta_{H,+T} = 2+4+1+5+12=24mm$

Померање услед сеизмичког оптерећења (СРПА ЕН 1998-2, 2.3.6.3)

$d_{Ed}=d_{Ee}+d_G+\psi_2 d_T=32+2+0.5 \cdot 12=41mm$

Потребан ход дилатационе справе над обалним стубом са покретним лежиштем

$\Delta=d_{Ed}=41mm$

Потребна дужина преклопа над стубом са покретним лежиштем (СРПС ЕН 1998-2, 6.6.4)

$_{min}l_{ov}=l_m+d_{eg}+d_{es}=700+2 \cdot 0.025 \cdot 0.1 \cdot 9.81 \cdot 1.15 \cdot 0.6 \cdot 2 \cdot 10^3+30=700+69+42=811mm=82cm<105cm$

На обалним стубовима C1 и C4 усвајају се водонепропусне еластомерне дилатационе спојнице капацитета дилатирања ±40mm.

Waterproof elastomeric expansion joints with capacity ±40mm are adopted on the abutments S1 and S4.

Померања конструкције у нивоу подужне дилатационе спојнице:

	подужно longitudinal	попречно transverse	вертикално vertical
	Δx_p [mm]	Δy_p [mm]	Δz_p [mm]
G_{k2}			8
$\Phi_3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1}+\alpha \cdot Q_{sk}+dEd,_{Qv,k}$		1	29
$0.6\alpha \cdot Q_{lak}$		0	1

Потребан капацитет подужне водонепропусне дилатационе спојнице у вертикалном правцу износи 38mm, а у попречном правцу 1mm.

The capacity of the longitudinal waterproof expansion joint in the vertical direction is 38mm, and in the transverse direction 1mm.

4.5 РОТАЦИЈЕ У ВЕРТИКАЛНОЈ РАВНИ / ROTATION OF THE DECK

Сходно тачки 2.2.31 Националног анекса СРПС ЕН 1990-НА, максимални угао ротације коловозне конструкције, мерен у оси колосека услед шеме оптерећења LM71 (помножене динамичким коефицијентом Φ_3 као и коефицијентом α или услед деловања температурне разлике ΔT, не сме прекорачити вредности:

б) за вишеколосечне мостове:

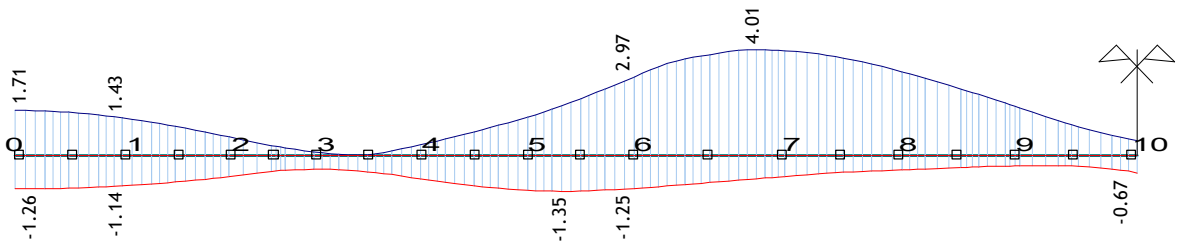
$3{,}5 \times 10^{-3}$ rad на прелазу са моста на насип (θ_1, θ_3),

5×10^{-3} rad између две суседне мостовске конструкције(θ_1, θ_2).

НАПОМЕНА 1 Код вишеколосечних мостова ротација се рачуна са саобраћајним оптерећењем на једном колосеку.

4.5.1 Ротација ослоначког попречног пресека услед саобраћајног оптерећења / Rotation of the deck due to traffic load

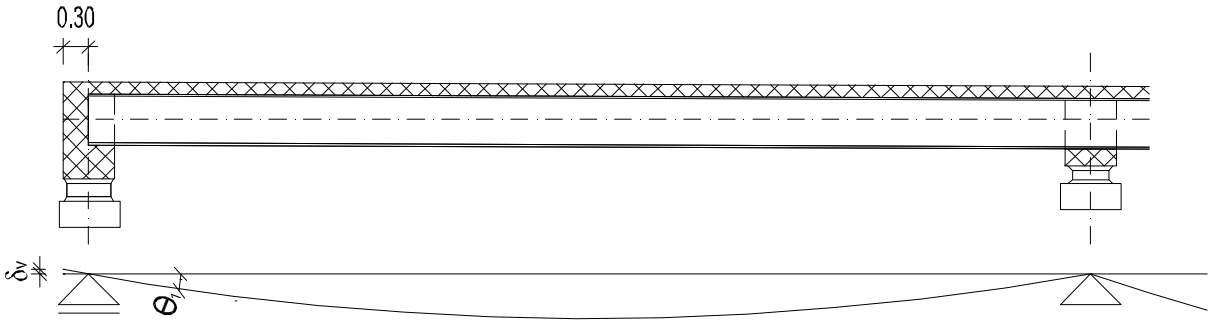
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max Yp= 4.01 / min Yp= -1.35 rad / 1000

θ_1=1.71 radx10^{-3} < 3.5 radx10^{-3} → услов је испуњен / Limitations on the rotations are satisfied

θ_2=1.25+2.97=4.22 radx10^{-3} < 5 radx10^{-3} → услов је испуњен



Вертикално померање δ_v крајева коловозне конструкције услед промењљивог оптерећења не сме бити веће од 3mm, за v<160km/h (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.4.5.2).

The vertical displacement of the upper surface of a deck relative to the abutment δ_v due to variable actions are limited to 3mm, for v <160km/h (SRPS EN 1991-2, 6.5.4.5.2).

δ_v=1.71·10^{-3}·300=0.5mm < 3mm → услов је задовољен / Limitations is satisfied

5 ГЛАВИ НОСАЧ / MAIN GIRDER

Код конструкција са колосеком у кривини услед центрифугалне силе, долази до попречне прерасподеле оптерећења и преоптерећења крајњих носача, идући од центра кривине ка спољашњости.

Меродавни статички утицаји за контролу напрезања и граничне носивости, јављају се у крајњим носачима коловозне конструкције (означени на скици испод). У наставку ће бити приказани дијаграми утицаја само за крајње носаче.

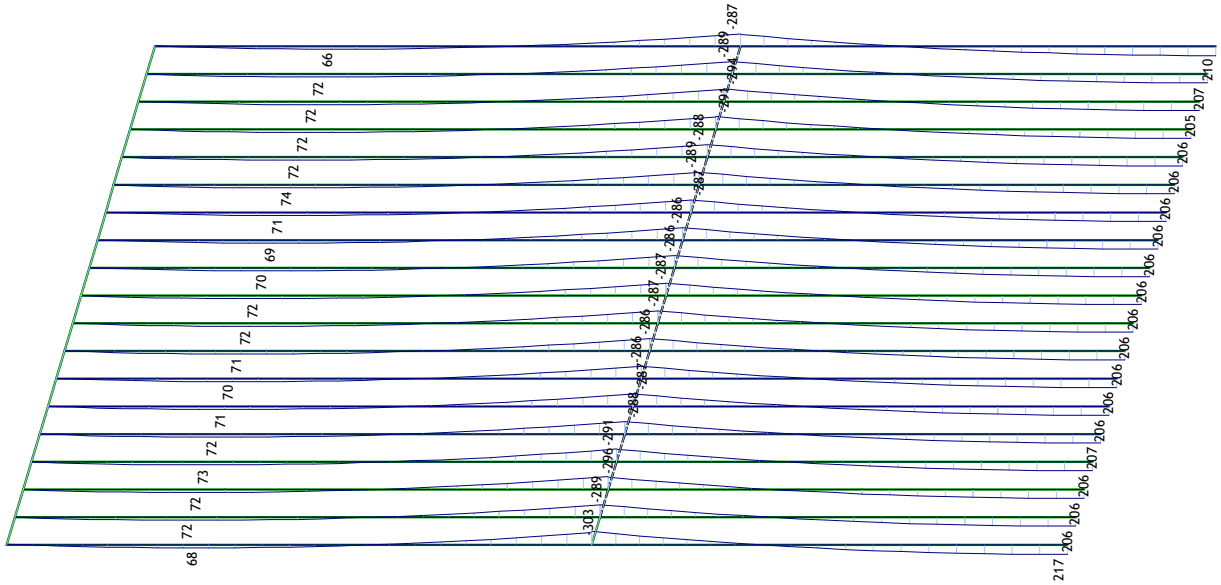
For the structures with a curved track due to the Centrifugal force, there is a transverse redistribution of load and overloading of the end girders, going from the center of the curve to the outside.

Relevant internal forces occur in the end girders (marked in the figure below). Diagram of the internal forces and moments are shown only for these girders.

Услед сталних оптерећења најоптерећенији су ивични носачи који прихватају и тежину са конзола.

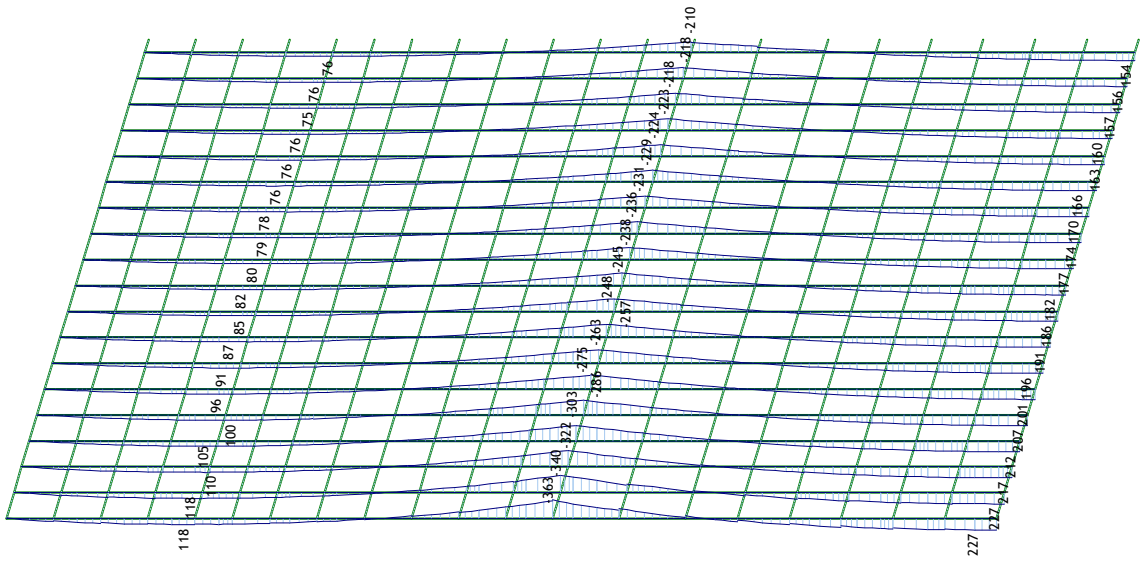
Десна конструкција, лева конструкција је слика у огледалу

Opt. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



Uticaji u gredi: max M3= 218 / min M3= -303 kNm

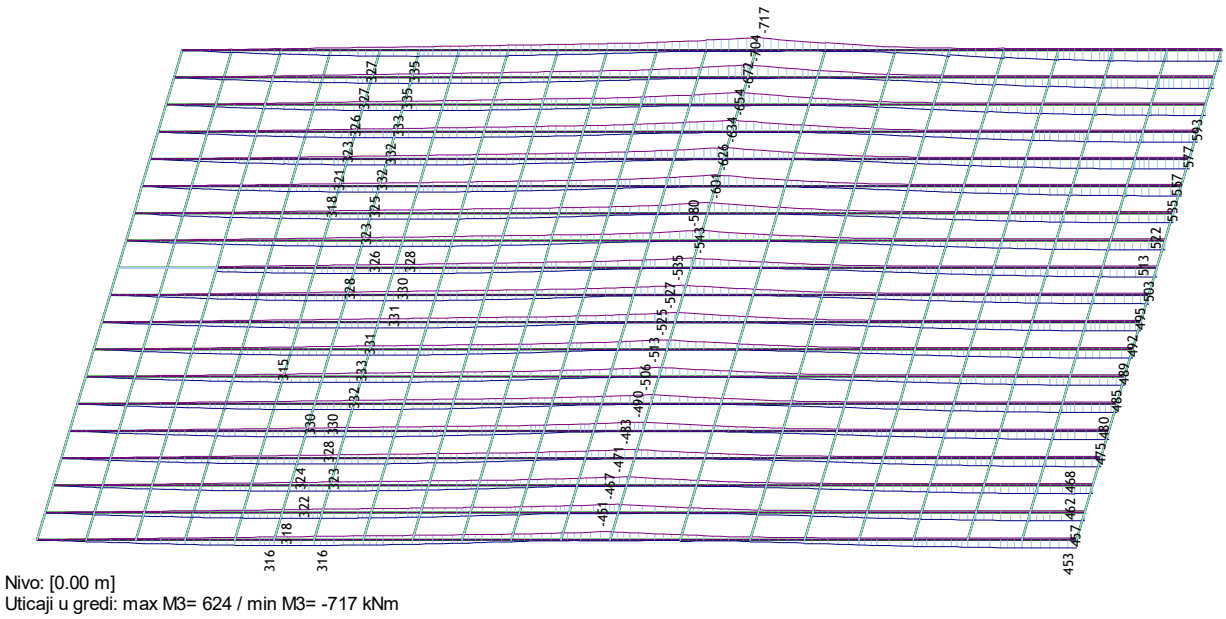
Opt. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Uticaji u gredi: max M3= 227 / min M3= -363 kNm

Лева и десна конструкција – услед саобраћајног оптерећења најоптерећенији су ивични носачи, јер услед кривине и центрифугалне силе долази до преоптерећења.

Лева конструкција

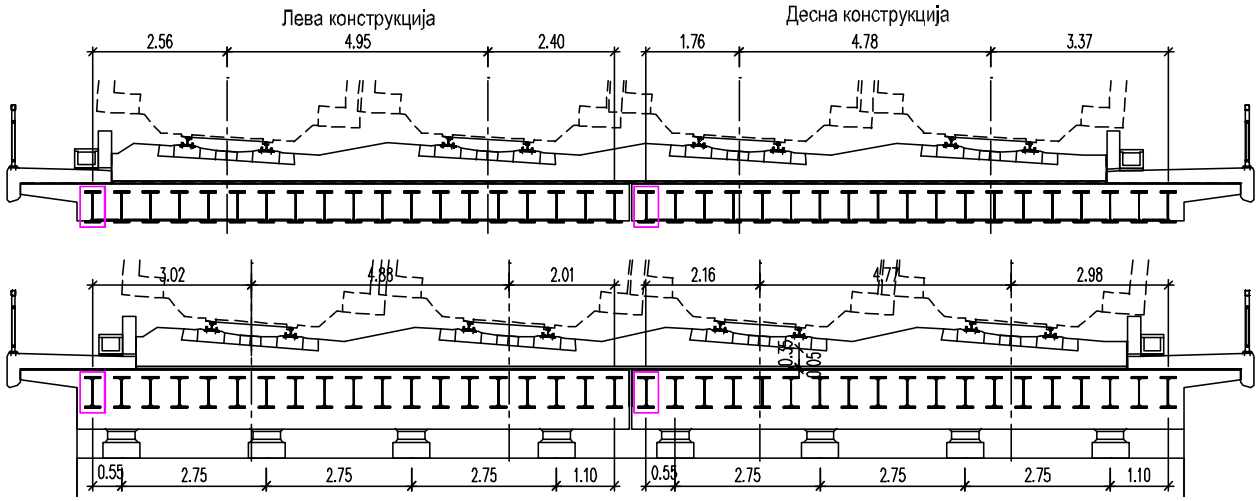


Ивични носач уз конзолу – пресек изнад средњег ослонца :

$1.35G+1.45Q_{v1}=1.35\cdot(303+363)+1.45\cdot717=1939kNm$ $1.00G+1.00Q_{v1}=303+363+717=1383kNm$

Ивични носач уз подужну дилатацију – пресек изнад средњег ослонца :

$1.35G+1.45Q_{v1}=1.35\cdot(287+210)+1.45\cdot451=1325kNm$ $1.00G+1.00Q_{v1}=287+210+451=948kNm$



5.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У ГЛАВНОМ НОСАЧУ / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN MAIN GIRDER

5.1.1 I Фаза – челични носчи / I Phase – steel girders

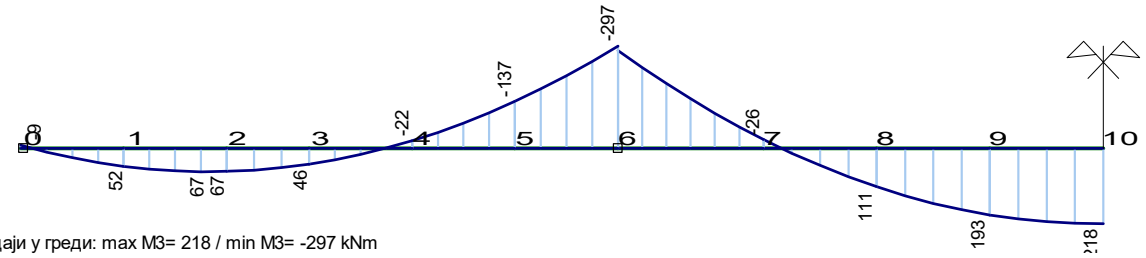
5.1.1.1 Сопствена тежина челичних носача и свежег бетона $G_{k,1}$

Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	sopstvena tezina (g)
2	tezina svezeg betona
3	Комб.: Gk1 - gcelik++gbeton (I+II)

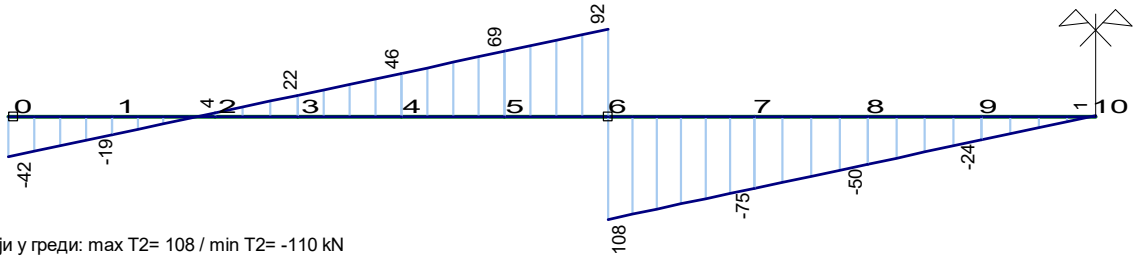
Крајњи носач – лева конструкција / End girder - left construction

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



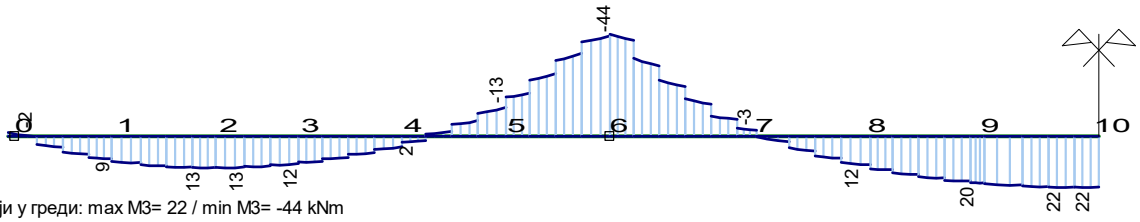
Утицаји у греди: max M3= 218 / min M3= -297 kNm

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



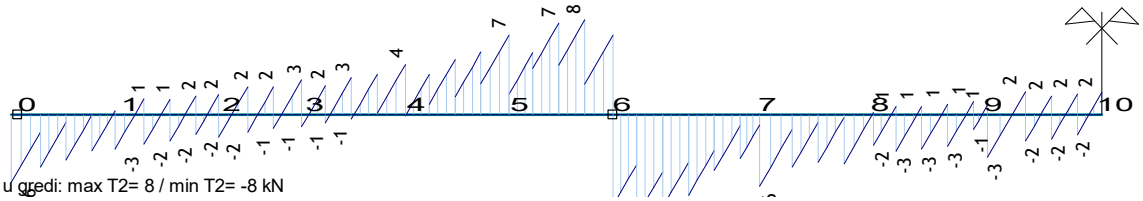
Утицаји у греди: max T2= 108 / min T2= -110 kN

Опт. 1: mt konzola



Утицаји у греди: max M3= 22 / min M3= -44 kNm

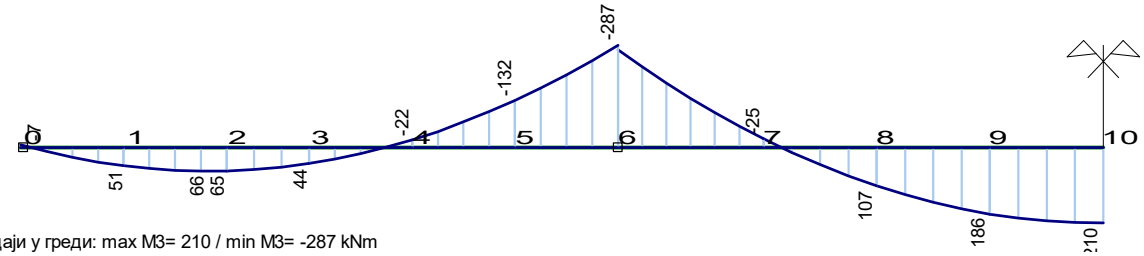
Opt. 1: mt konzola



Uticaji u gredi: max T2= 8 / min T2= -8 kN

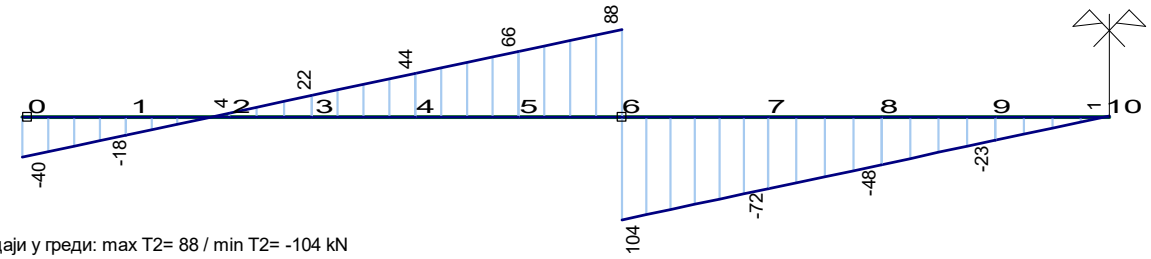
Крајњи носач – десна конструкција / End girder - right construction

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



Утицаји у греди: max M3= 210 / min M3= -287 kNm

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton

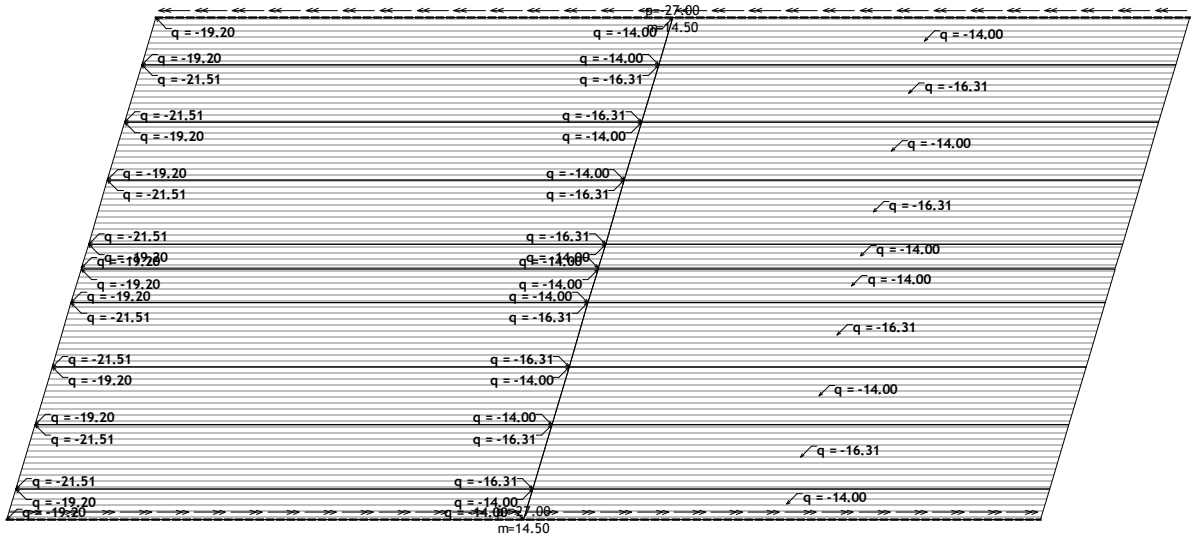


Утицаји у греди: max T2= 88 / min T2= -104 kN

5.1.2 II Фаза – убетонирани челични носачи / II Phase – filler beams

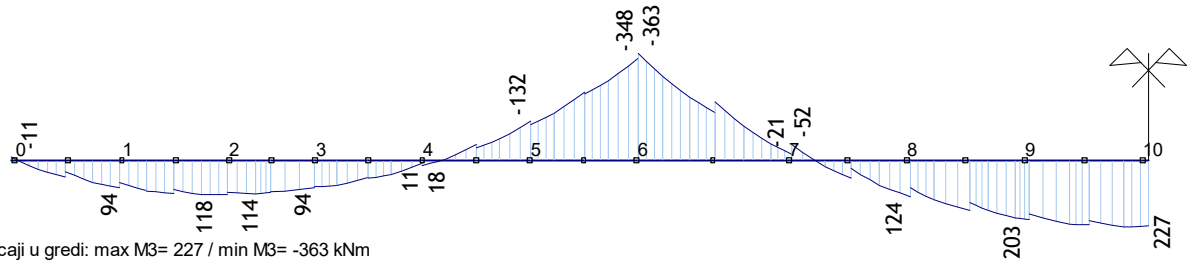
5.1.2.1 Тежина сталног терета $G_{k,2}$

Opt. 2: Gk2 - stalni teret +30%



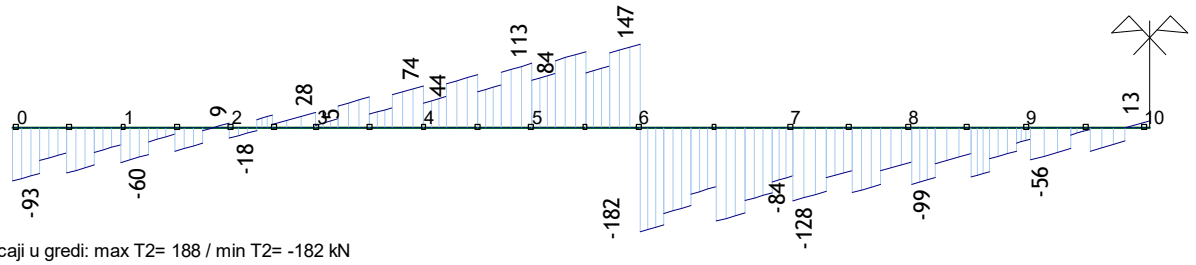
Крајњи носач – лева конструкција / End girder - left construction

Opt. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Uticaji u gredi: max M3= 227 / min M3= -363 kNm

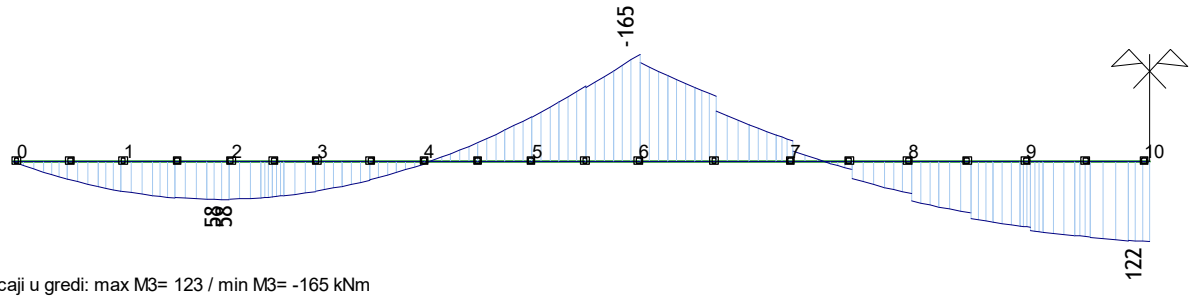
Opt. 2: Gk2 - stalni teret +30%



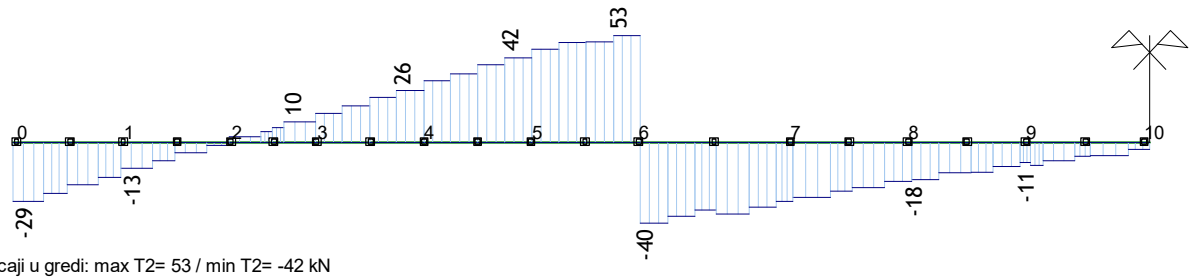
Uticaji u gredi: max T2= 188 / min T2= -182 kN

Крајњи носач – десна конструкција / End girder - right construction

Opt. 1: Gk2 - stalni teret



Uticaji u gredi: max M3= 123 / min M3= -165 kNm
Opt. 1: Gk2 - stalni teret



Uticaji u gredi: max T2= 53 / min T2= -42 kN

5.1.2.2 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$

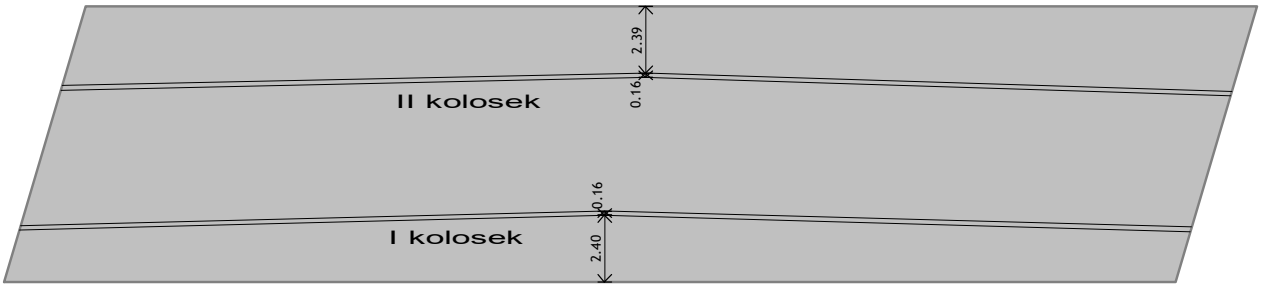
Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	axLM71 + axQtk- I+II kolosek
2	axΦ3xLM71 + axQtk - I kolosek
3	axΦ3xLM71 + axQtk- II kolose
4	axΦ3xSW0 + axQtk - I+II kolos
5	axΦ3xSW0 + axQtk - I kolosek
6	axΦ3xSW0 + axQtk - II kol osek
7	SW2 + axQtk - I kolosek
8	SW2 + axQtk - II kol osek

9	Комб.: II+VI
10	Комб.: II+VIII
11	Комб.: III+V
12	Комб.: III+VII
13	Комб.: V+VIII
14	Комб.: VI+VII
15	Комб.: II+III
16	Комб.: V+VI

Лева конструкција – ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења услед попречне прерасподеле.

Left construction - eccentricity of vertical traffic load due to transverse redistribution.

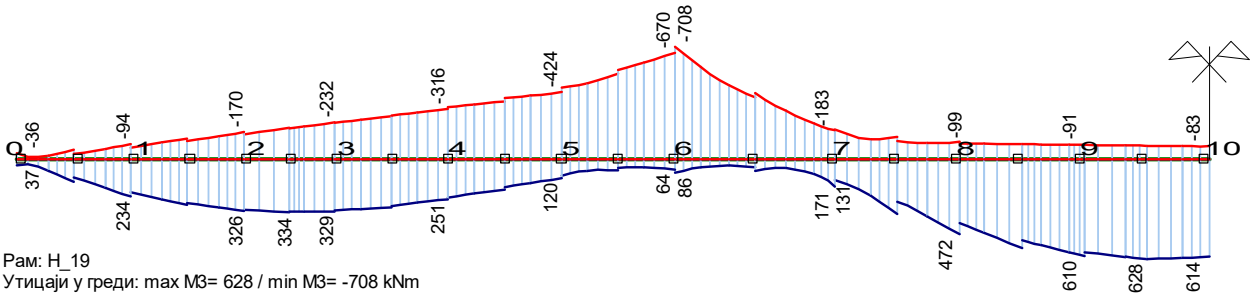


Ниво: [0.00 m]

Крајњи носач – лева конструкција / End girder - left construction

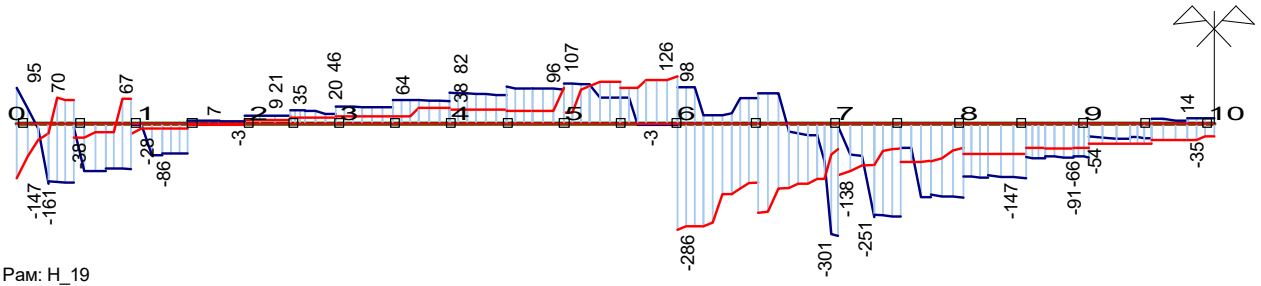
Утицај за extr M3

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



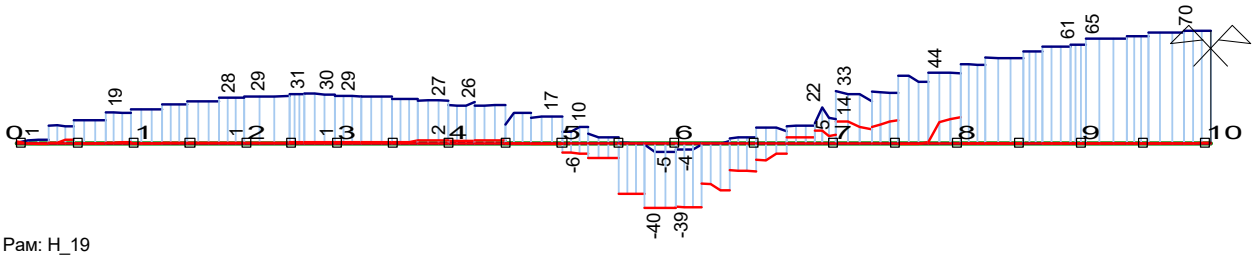
Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 628 / min M3= -708 kNm

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 126 / min T2= -301 kN

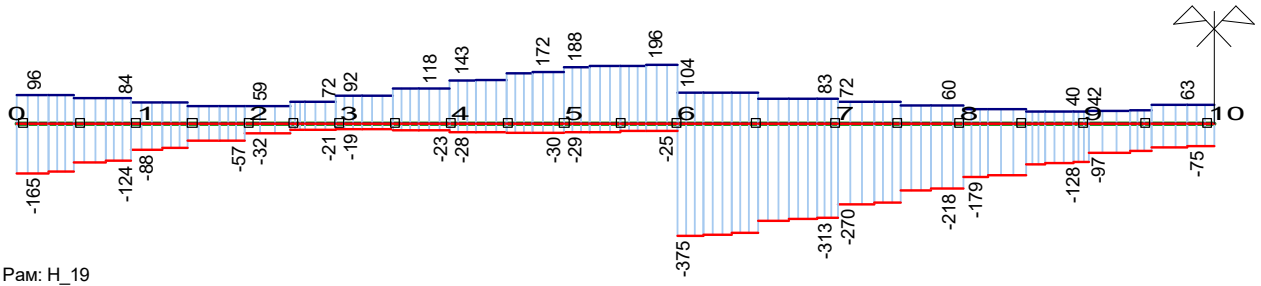
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max N1= 70 / min N1= -40 kN

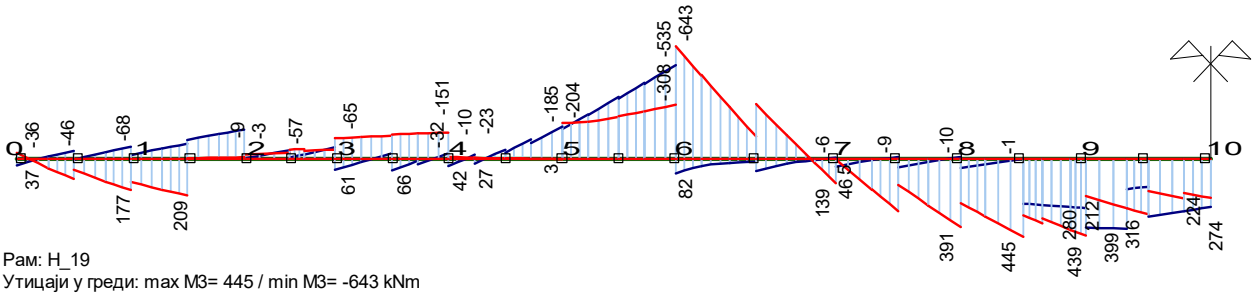
Утицај за extr T2

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16

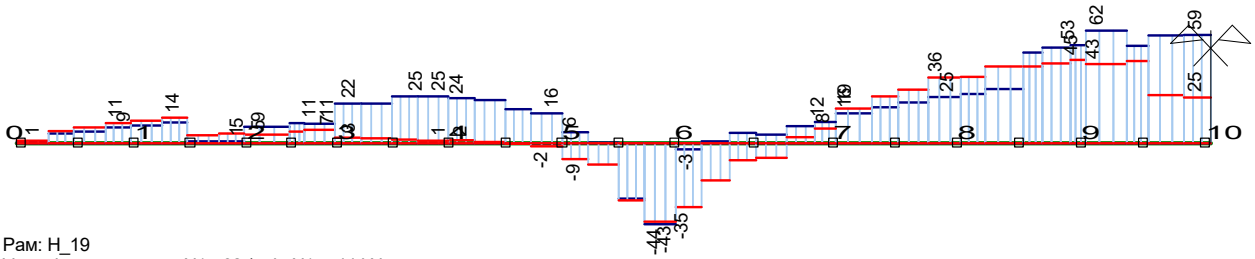


Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 196 / min T2= -375 kN

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



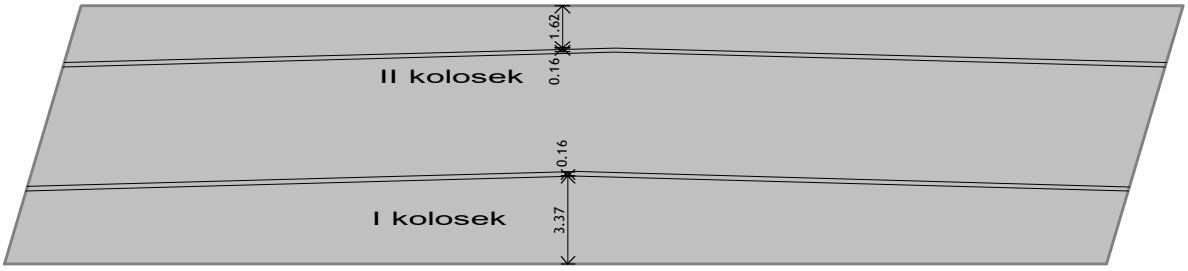
Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 445 / min M3= -643 kNm
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max N1= 62 / min N1= -44 kN

Десна конструкција – ексцентрицитет вертикалног саобраћајног оптерећења услед попречне прерасподеле

Right construction - eccentricity of vertical traffic load due to transverse redistribution.

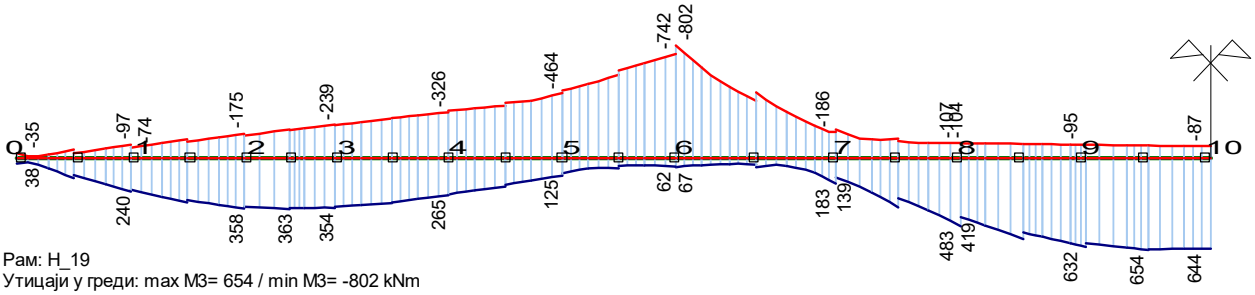


Ниво: [0.00 m]

Крајњи носач – десна конструкција / End girder – right structure

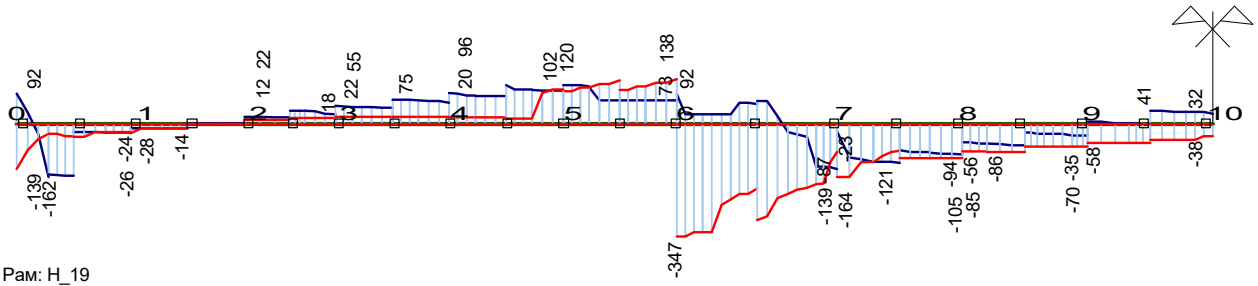
Утицај за extr M3

Опт. 17: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



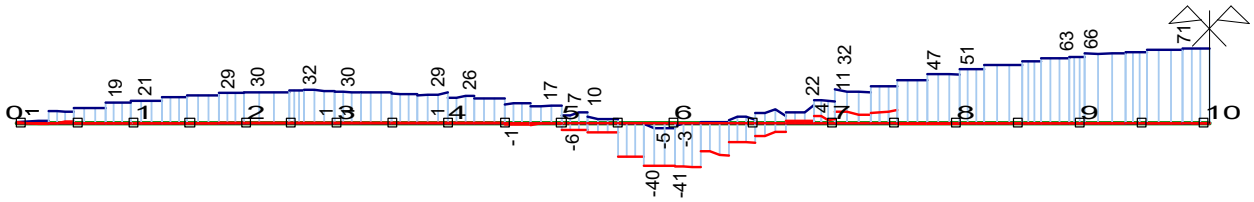
Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 654 / min M3= -802 kNm

Опт. 17: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 138 / min T2= -347 kN

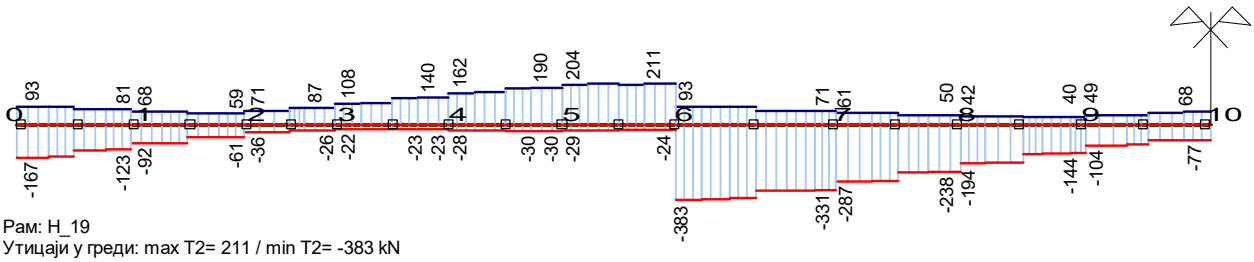
Опт. 17: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max N1= 71 / min N1= -41 kN

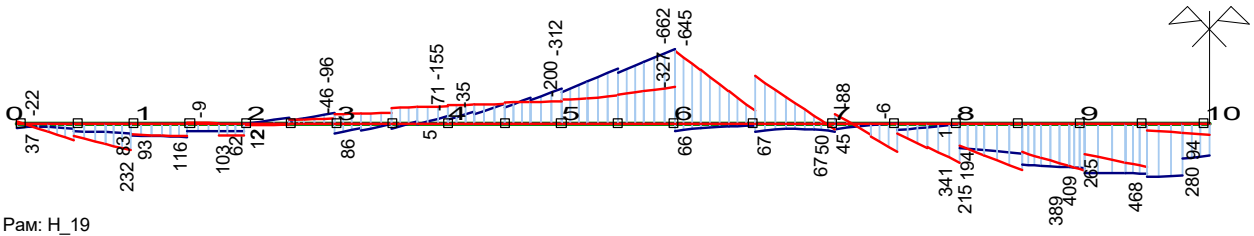
Утицај за extr T2

Опт. 17: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



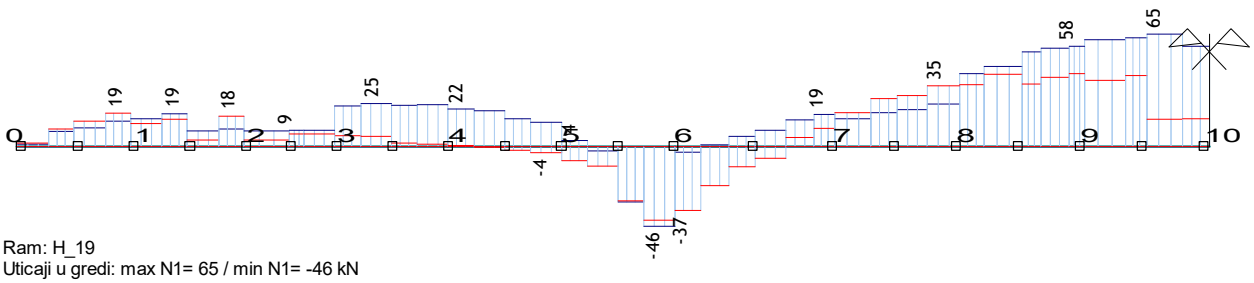
Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 211 / min T2= -383 kN

Опт. 17: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 468 / min M3= -662 kNm

Opt. 17: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Ram: H_19
Uticaji u gredi: max N1= 65 / min N1= -46 kN

5.1.2.3 Силе од кочења и покретања воза Q_{lak} ,Q_{lbk} и сила бочног удара $0.5 \cdot \alpha \cdot Q_{sk}$

Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	05xaxQsk - I kolosek
2	05xaxQsk - II kolosek
3	axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I
4	Komb.: I+II
5	Komb.: I+II+0.6xIII
6	Komb.: I-1xII+0.6xIII
7	Komb.: -1xI+II+0.6xIII
8	Komb.: I+II-0.6xIII
9	Komb.: I-1xII-0.6xIII
10	Komb.: -1xI+II-0.6xxIII

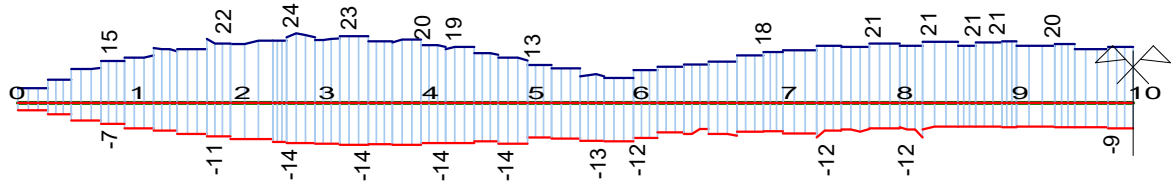
Хоризонтално саобраћајно оптерећење анализирано је само за положај оптерећења формирана тако да одговара положају вертикалног саобраћајног оптерећења које изазива максималне моменте савијања у крајњем носачу леве конструкције.

The horizontal traffic load was analyzed only for the position of the load formed so as to correspond to the position of the vertical traffic load which causes the maximum bending moments in the end girder of the left structure.

Крајњи носач – лева конструкција / End girder – left structure

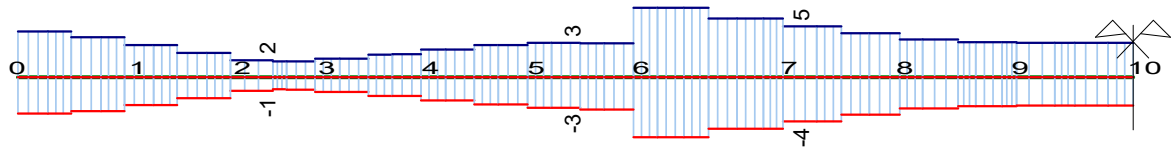
Утицај за extr N1, extr T2 u extr M3

Load 11: [Anv] 3-10



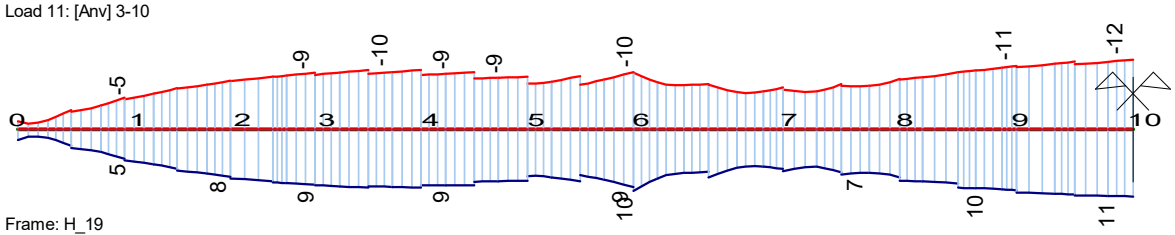
Frame: H_19
Beam Results: max N1= 24 / min N1= -14 kN

Load 11: [Anv] 3-10



Frame: H_19
Beam Results: max V2= 6 / min V2= -5 kN

Load 11: [Anv] 3-10

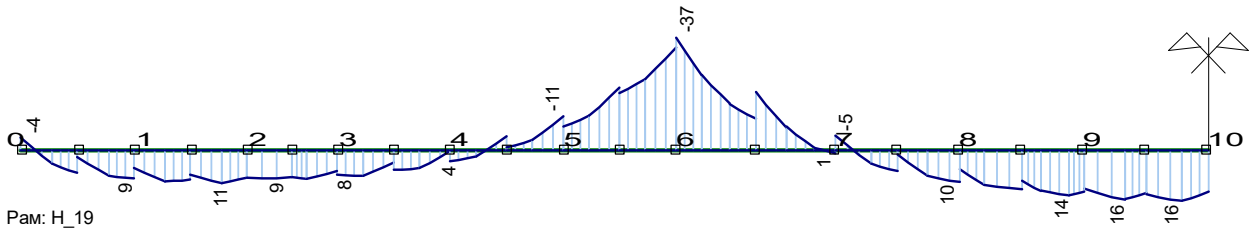


Frame: H_19
Beam Results: max M3= 11 / min M3= -12 kNm

5.1.2.4 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

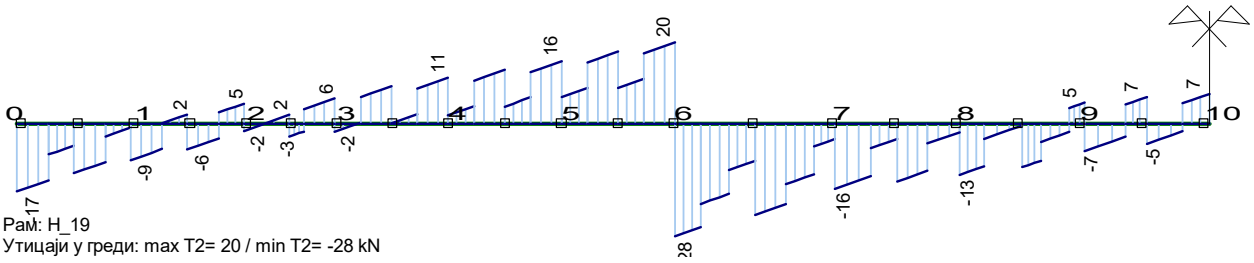
Крајњи носач – лева конструкција / End girder – left structure

Опт. 1: qfk



Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 17 / min M3= -37 kNm

Опт. 1: qfk

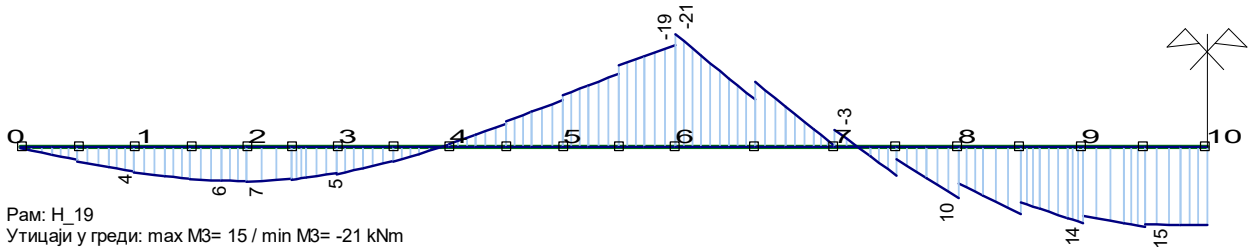


Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 20 / min T2= -28 kN

5.1.2.5 Оптерећењ ветром $F_{w,\ train}$

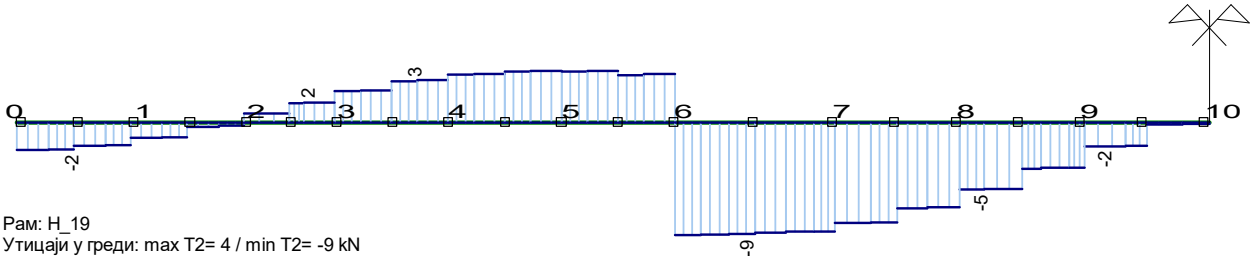
Крајњи носач – лева конструкција / End girder – left structure

Опт. 2: Fw,train



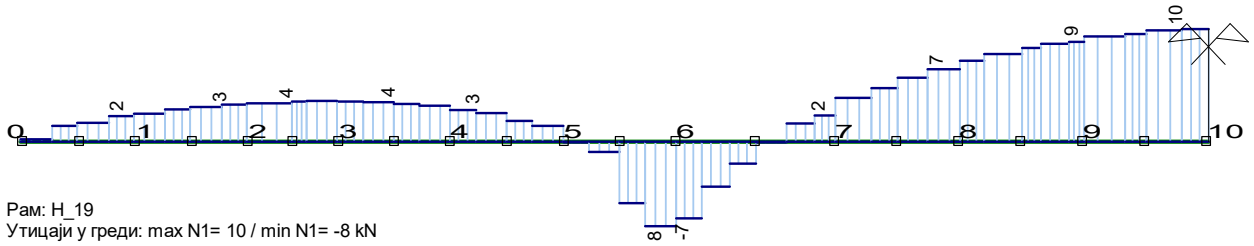
Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 15 / min M3= -21 kNm

Опт. 2: Fw,train



Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 4 / min T2= -9 kN

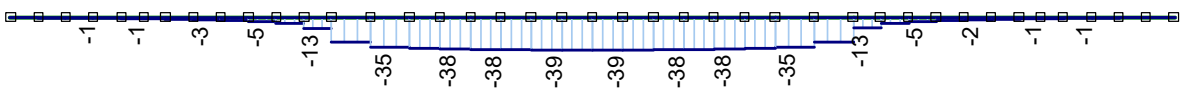
Опт. 2: Fw,train



Рам: H_19
Утицаји у греди: max N1= 10 / min N1= -8 kN

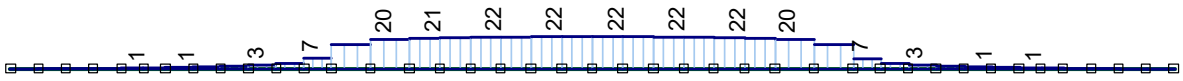
5.1.2.6 Утицај temperature T_k

Opt. 2: To 47



Uticaji u gredi: max N1= -0 / min N1= -39 kN

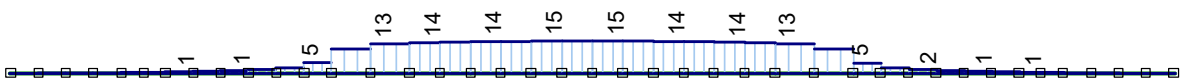
Opt. 3: To -27



Uticaji u gredi: max N1= 22 / min N1= 0 kN

5.1.2.7 Скупљање S

Opt. 1: Sh



Uticaji u gredi: max N1= 15 / min N1= 0 kN

5.1.2.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту A_d

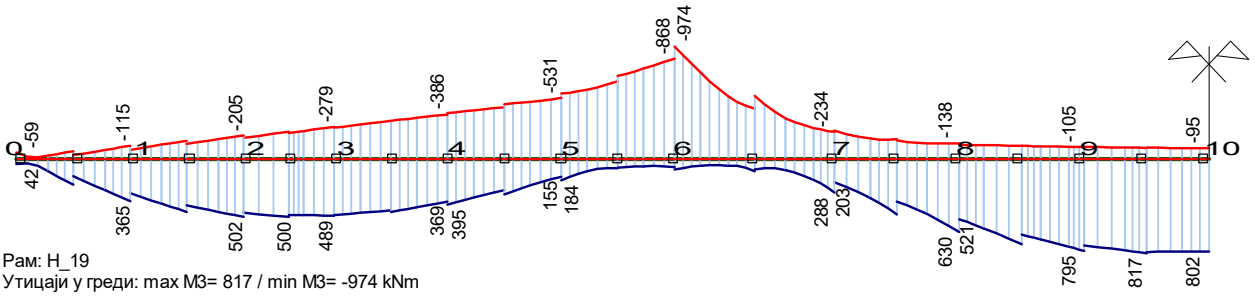
Листа случајева оптерећења

No	Назив
1	axΦ3xLM71 + axQtk - I kolosek
2	axΦ3xLM71 + axQtk - II kolosek
3	axΦ3xSW0 + axQtk - I kolosek
4	axΦ3xSW0 + axQtk - II kol osek
5	axΦ3xSW2 + axQtk - I kolosek
6	axΦ3xSW2 + axQtk - II kol osek
7	QA1d I kolosek
8	QA1d II kolosek
9	QA2d I kolosek
10	QA2d II kolosek
11	Комб.: 0.8xII+VII
12	Комб.: 0.8xIV+VII
13	Комб.: VI+VII
14	Комб.: 0.8xI+VIII
15	Комб.: 0.8xIII+VIII
16	Комб.: V+VIII
17	Комб.: 0.8xII+IX
18	Комб.: 0.8xIV+IX
19	Комб.: VI+IX
20	Комб.: 0.8xI+X
21	Комб.: 0.8xIII+X
22	Комб.: V+X

Крајњи носач – лева конструкција / End girder – left structure

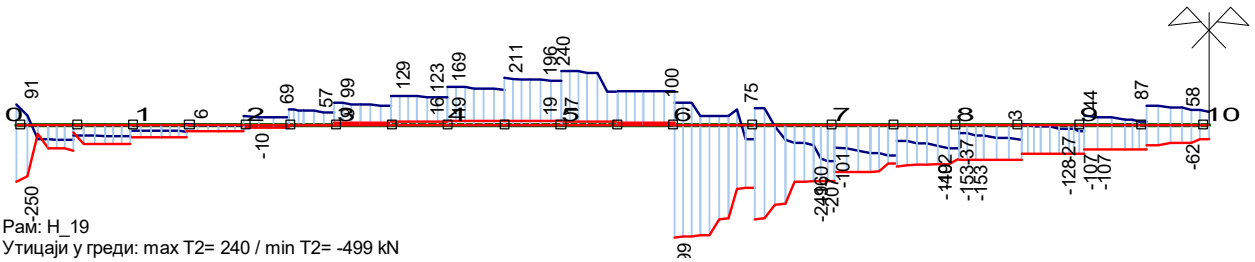
Утицај за extr M3 услед Q_{Ad}+0.8(1)$Q_{v,1}$

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



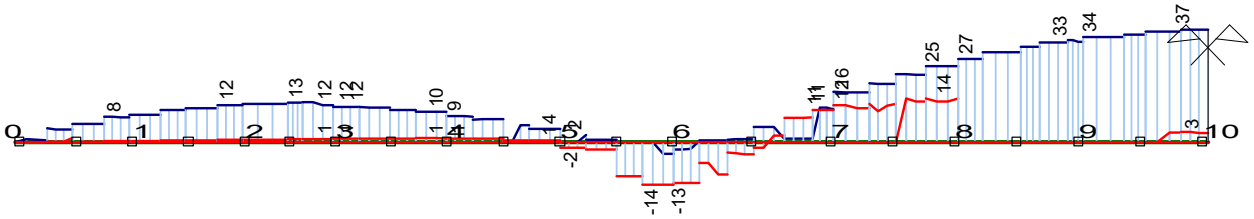
Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 817 / min M3= -974 kNm

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 240 / min T2= -499 kN

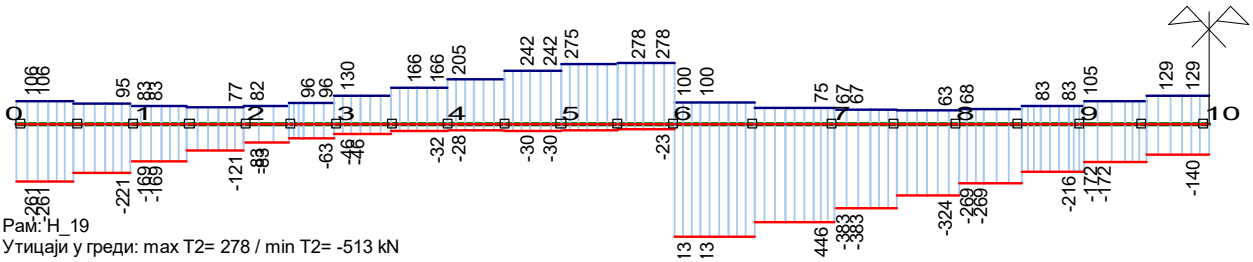
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: H_19
Утицаји у греди: max N1= 37 / min N1= -14 kN

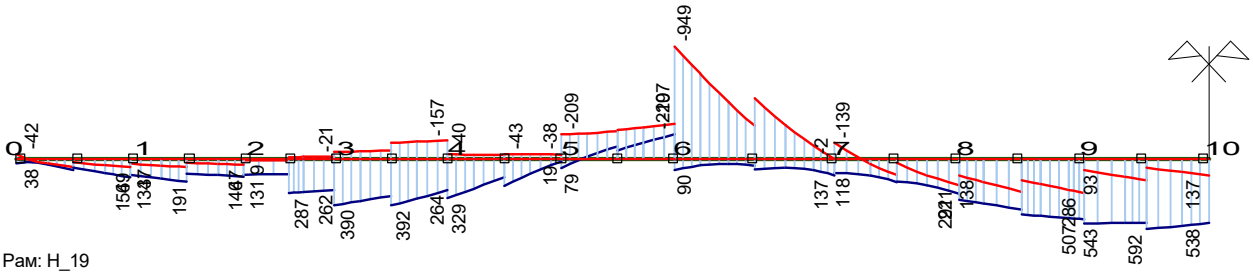
Утицај за extrT2 услед Q_{Ad}+0.8(1)$Q_{v,1}$

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



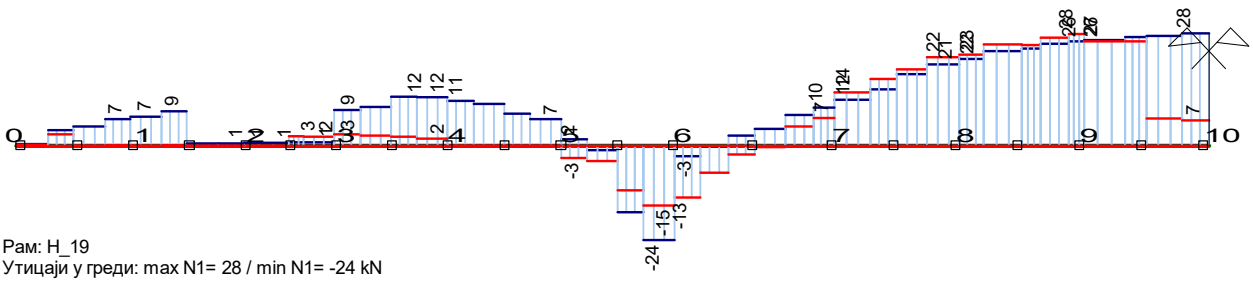
Рам: H_19
Утицаји у греди: max T2= 278 / min T2= -513 kN

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: H_19
Утицаји у греди: max M3= 592 / min M3= -949 kNm

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: H_19
Утицаји у греди: max N1= 28 / min N1= -24 kN

5.2 КОНТРОЛА НОРМАЛНИХ НАПОНА / STRESS CONTROL

Дозвољени напони у челику, арматурном челику и бетону:

Stress limits for materials - structural steel, reinforcing steel and concrete:

f_y=	35,5	kN/cm^2	строжији услови у UIC 773	
$\sigma_{st,Ed,ser} \leq$	f_y/1.15=	31	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.1)
$\tau_{st,Ed,ser} \leq$	0.45f_y=	16	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.1)
$\sigma_{st,Ed,U,ser} \leq$	f_y/1.15=	31	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.1)

B500H	f_{yk}=	50	kN/cm^2	строжији услови у UIC 773
$\sigma_{s,Ed,ser} \leq$	f_{yk}/1.5=	33	kN/cm^2	(UIC 773, 4.3.3.3)

C35/45	f_{ck}=	3,5	kN/cm^2	
$\sigma_{c,Ed,ser} \leq$	0.6f_{ck}=	2,1	kN/cm^2	СРПС ЕН 1994-2, 7.2.2; UIC 773, 4.3.3.2
	f_{ctm}=	0,32	kN/cm^2	СРПС ЕН 1994-2, 7.1 уколико је напон
	затезања у бетону изнад ове вредности сматра се да је бетон испрскао			

Геометријске карактеристике пресека коришћене за прорачун напона:

Section properties used for stress calculation:

	Geometrijske karakteristike čeličnog preseka / Section properties of steel cross section											
set	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	t_f [cm]	b_f [cm]	t_w [cm]	h_w [cm]	$W_{st,u}$ [cm^3]	$W_{st,w,u}$ [cm^3]	$W_{st,w,o}$ [cm^3]	$W_{st,o}$ [cm^3]
1	226	352	141208	59	2,5	30	1,3	54	4787	5230	5230	4787
2	226	352	141208	59	2,5	30	1,3	54	4787	5230	5230	4787

Spregnut presek-neisprskali / Composite uncracked section						n_i=	18
$W^{un}_{i,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,w,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,w,c,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,w,o}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,o}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,c,u}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,s}$ [cm^3]	$W^{un}_{i,c,o}$ [cm^3]
6677	7206	129716	10106	9094	163697		104901
6476	6969	125435	10830	9685	174323	7711	109489

Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_v= 18							
A^{cr} [cm^2]	$W^{cr}_{i.u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.w.u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.w.o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.s}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.c.o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i.c.u}$ [cm^3]
289	5122	5379	64558	40301		233694	0
307	9556	10791	6024	5619	4832	0	194233

Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section					n_v=	6	
A^{cr} [cm^3]	$W^{cr}_{i,u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,w,u}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,w,o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,s}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,c,o}$ [cm^3]	$W^{cr}_{i,c,u}$ [cm^3]
415	5465	5739	68879	42998		83111	
411	10168	11482	6410	5979	5141		68893

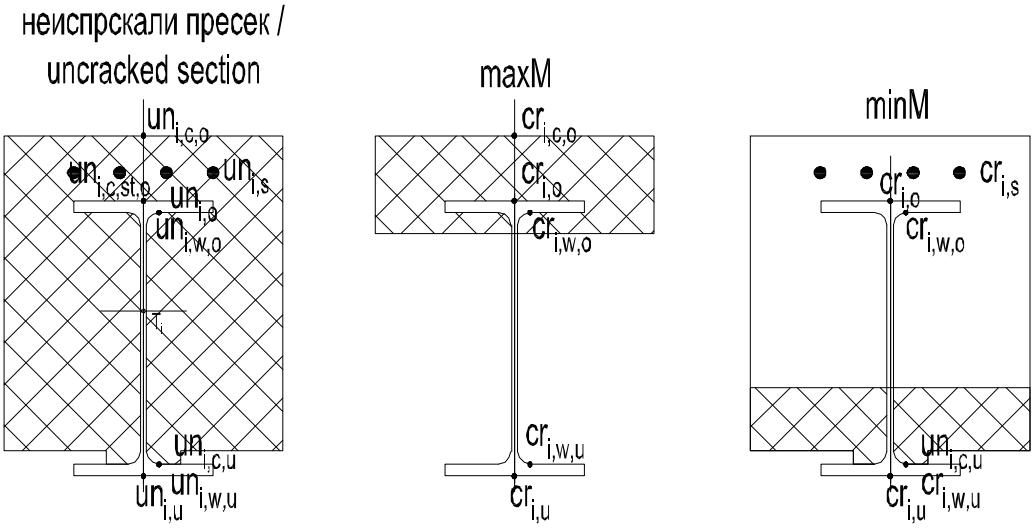
Највећи статички утицаји јављају се у крајњем носачу леве конструкције, као што је приказано у предходном поглављу, стога ће контрола напона у пресецима носача бити приказана само за поменути носач.

Maximum inertial forces and moments occur in the end girder of the left structure, as shown in the previous chapter, therefore the stress control will be shown only for the mentioned girder.

Контрола напона извршена је у карактеристичним тачкама попречног пресека, сходно скицама испод.

σ "+" затезање
I τ I

Конвенција за напоне



Krajnji nosač
Leva konstrukcija

Presek	x [m]	set	Samo čelični presek / Steel cross section: $g_{čelik}+g_{svež\ beton}$ T2 [kN]	$g_{čelik}+g_{svež\ beton}$ M3 [kNm]	$m_{t\ konzole}$ T2 [kN]	$m_{t\ konzole}$ M3 [kNm]	$G_{k1}= g_{čelik}+g_{svež\ beton}$ $\sigma_{st,u}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma_{st,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	-42	-9	-6	-2	-0,23	-0,21	0,21	0,23	0,68	1,33
1	2,0	1	-19	52	-3	9	1,27	1,17	-1,17	-1,27	0,31	1,31
2	4,0	1	4	67	-2	13	1,67	1,53	-1,53	-1,67	0,03	1,53
3	5,6	1	22	46	3	12	1,21	1,11	-1,11	-1,21	0,36	1,30
4	7,6	2	46	-22	4	2	-0,42	-0,38	0,38	0,42	0,71	1,42
5	9,6	2	69	-137	7	-13	-3,13	-2,87	2,87	3,13	1,08	3,54
6l	11,6	2	92	-297	8	-44	-7,12	-6,52	6,52	7,12	1,42	7,07
6d		2	-108	-297	-8	-44	-7,12	-6,52	6,52	7,12	1,65	7,25
7	14,4	2	-75	-26	-6	-3	-0,61	-0,55	0,55	0,61	1,15	2,29
8	16,6	1	-50	111	-3	12	2,57	2,35	-2,35	-2,57	0,75	2,76
9	18,8	1	-24	193	-3	20	4,45	4,07	-4,07	-4,45	0,38	4,14
10	21,0	1	1	218	-2	22	5,01	4,59	-4,59	-5,01	0,01	4,59

Krajnji nosač
Leva konstrukcija

Presek	x [m]	set	Spregnut presek - neisprskali / Composite uncracked section n_v=18: $G_{k2}= g_{stalni\ teret}$ uvećanje 30% T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma^{un}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,st,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-93	-11	-0.16	-0.15	-0.01	0.11	0.12	0.01		0.01	1.32	2.55	2.55
1	2.0	1	-60	94	1.41	1.30	0.07	-0.93	-1.03	-0.06		-0.09	0.85	2.10	1.89
2	4.0	1	-18	118	1.77	1.64	0.09	-1.17	-1.30	-0.07		-0.11	0.26	1.71	1.27
3	5.6	1	28	94	1.41	1.30	0.07	-0.93	-1.03	-0.06		-0.09	0.40	1.51	1.21
4	7.6	2	74	18	0.28	0.26	0.01	-0.16	-0.18	-0.01	-0.23	-0.02	1.05	2.04	2.03
5	9.6	2	113	-132	-2.07	-1.92	-0.11	1.18	1.32	0.07	1.67	0.12	1.61	3.64	3.31
6l	11.6	2	147	-348	-5.45	-5.07	-0.28	3.11	3.48	0.19	4.40	***0.31***	2.09	6.47	5.09
6d		2	-182	-363	-5.68	-5.29	-0.29	3.24	3.63	0.20	4.59	***0.32***	2.59	7.27	5.95
7	14.4	2	-128	-52	-0.81	-0.76	-0.04	0.46	0.52	0.03	0.66	0.05	1.82	3.59	3.54
8	16.6	1	-99	124	1.86	1.72	0.10	-1.23	-1.36	-0.08	-1.57	-0.12	1.41	3.21	2.98
9	18.8	1	-56	203	3.04	2.82	0.16	-2.01	-2.23	-0.12		-0.19	0.80	3.21	2.53
10	21.0	1	13	227	3.40	3.15	0.17	-2.25	-2.50	-0.14		-0.22	0.19	3.17	2.27

Krajnji nosač — Spregnut presek - isprskali / Composite cracked section n_v=18
Leva konstrukcija — Gk2= gstalni teret uvećanje 30%

Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-93	-11	-0.21	-0.20	0.02	0.20			0.00	1.32	2.56	2.55
1	2.0	1	-60	94	1.84	1.75	-0.15	-0.23			-0.04	0.85	2.40	1.65
2	4.0	1	-18	118	2.30	2.19	-0.18	-0.29			-0.05	0.26	2.25	0.53
3	5.6	1	28	94	1.84	1.75	-0.15	-0.23			-0.04	0.40	1.91	0.78
4	7.6	2	74	18	0.19	0.17	-0.30	-0.32	-0.37	0.01		1.05	2.03	2.05
5	9.6	2	113	-132	-1.38	-1.22	2.19	2.35	2.73	-0.07		1.61	3.33	3.79
6l	11.6	2	147	-348	-3.64	-3.22	5.78	6.19	7.20	-0.18		2.09	5.16	7.04
6d		2	-182	-363	-3.80	-3.36	6.03	6.46	7.51	-0.19		2.59	6.02	7.82
7	14.4	2	-128	-52	-0.54	-0.48	0.86	0.93	1.08	-0.03		1.82	3.54	3.61
8	16.6	1	-99	124	2.42	2.31	-0.19	-0.31			-0.05	1.41	3.56	2.72
9	18.8	1	-56	203	3.96	3.77	-0.31	-0.50			-0.09	0.80	4.07	1.57
10	21.0	1	13	227	4.43	4.22	-0.35	-0.56			-0.10	0.19	4.23	0.50

Krajnji nosač — Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_v= 6
Leva konstrukcija — $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ maxM — anvelopa / envelope $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ maxM

Presek	x [m]	set	odgN1 [kN]	odgT2 [kN]	maxM3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	1	-161	37	**1**	0,68	0,65	-0,05	-0,08	-0,04	2,29	4,46	4,41
1	2,0	1	21	-122	234	**1**	4,33	4,13	-0,29	-0,49	-0,27	1,74	5,31	3,36
2	4,0	1	29	21	326	**1**	6,03	5,75	-0,40	-0,69	-0,38	0,30	5,78	0,70
3	5,6	1	31	46	329	**1**	6,09	5,81	-0,40	-0,69	-0,38	0,66	5,94	1,32
4	7,6	2	26	82	251	**1**	4,66	4,44	-0,30	-0,52	-0,29	1,17	4,97	2,27
5	9,6	2	17	107	120	**1**	2,24	2,13	-0,13	-0,24	-0,14	1,52	3,62	2,93
6l	11,6	2	-5	-3	64	**1**	1,16	1,10	-0,10	-0,16	-0,08	0,04	1,11	0,13
6d		2	-4	98	86	**1**	1,56	1,49	-0,13	-0,21	-0,11	1,40	3,07	2,69
7	14,4	2	33	-301	171	**1**	3,21	3,06	-0,17	-0,32	-0,19	4,29	8,80	8,25
8	16,6	1	49	-198	472	**1**	8,75	8,34	-0,57	-0,98	-0,55	2,82	9,95	5,45
9	18,8	1	65	-91	610	**1**	11,32	10,78	-0,73	-1,26	-0,71	1,30	11,07	2,60
10	21,0	1	70	14	628	**1**	11,66	11,11	-0,74	-1,29	-0,73	0,20	11,12	0,84

Krajnji nosač — Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_v= 6
Leva konstrukcija — $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ minM — anvelopa / envelope $\Phi 3 \cdot \alpha \cdot Q_{v,1} + \alpha \cdot Q_{tk}$ minM

Presek	x [m]	set	odgN1 [kN]	odgT2 [kN]	min M3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	1	-147	-36	**2**	-0,35	-0,31	0,56	0,60	0,70	-0,05	2,09	4,04	4,07
1	2,0	1	1	-67	-94	**2**	-0,92	-0,82	1,47	1,57	1,83	-0,14	0,95	2,01	2,35
2	4,0	1	1	9	-170	**2**	-1,67	-1,48	2,65	2,85	3,31	-0,25	0,13	1,50	2,67
3	5,6	1	1	20	-232	**2**	-2,28	-2,02	3,62	3,88	4,51	-0,34	0,28	2,09	3,66
4	7,6	2	2	43	-316	**2**	-3,10	-2,75	4,93	5,29	6,15	-0,46	0,61	2,99	5,07
5	9,6	2	-6	96	-424	**2**	-4,18	-3,71	6,60	7,08	8,23	-0,62	1,37	4,55	7,10
6l	11,6	2	-40	126	-670	**2**	-6,69	-5,93	10,36	11,11	12,93	-0,99	1,79	6,86	10,92
6d		2	-39	-286	-708	**2**	-7,06	-6,26	10,95	11,75	13,68	-1,04	4,07	10,03	13,47
7	14,4	2	14	-138	-183	**2**	-1,77	-1,56	2,89	3,09	3,59	-0,26	1,97	4,09	4,76
8	16,6	1	16	-82	-99	**2**	-0,93	-0,82	1,58	1,69	1,96	-0,14	1,17	2,39	2,75
9	18,8	1	0	-66	-91	**2**	-0,89	-0,79	1,42	1,52	1,77	-0,13	0,94	1,97	2,30
10	21,0	1	0	-35	-83	**2**	-0,82	-0,72	1,29	1,39	1,61	-0,12	0,50	1,20	1,61

Krajnji nosač	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section												n_v= 6
Leva konstrukcija	Φ3·α·$Q_{v,1}$+α·Q_{tk} extrV					anvelopa / envelope Φ3·α·$Q_{v,1}$+α·Q_{tk} extrV							
Presek	x [m]	set	odgN1 [kN]	extT2 [kN]	odgM3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0,0	1	1	-165	-36	**1**	-0,66	-0,62	0,05	0,09	2,35	4,56	4,52
1	2,0	1	11	-124	177	**1**	3,27	3,11	-0,23	-0,39	1,77	4,61	3,41
2	4,0	1	9	59	-3	**1**	-0,03	-0,03	0,03	0,03	0,84	1,62	1,62
3	5,6	1	22	92	-64	**1**	-1,12	-1,06	0,15	0,20	1,31	2,74	2,53
4	7,6	2	25	143	42	**2**	0,47	0,43	-0,59	-0,64	2,04	3,94	3,96
5	9,6	2	16	188	-171	**2**	-1,64	-1,45	2,71	2,90	2,68	5,35	5,82
6l	11,6	2	-44	196	-535	**2**	-5,37	-4,77	8,24	8,84	2,79	7,18	9,84
6d		2	-35	-375	-643	**2**	-6,41	-5,69	9,95	10,67	5,34	11,74	14,30
7	14,4	2	19	-313	139	**2**	1,41	1,26	-2,12	-2,28	4,46	8,67	8,84
8	16,6	1	36	-218	391	**1**	7,24	6,90	-0,48	-0,82	3,11	9,13	5,99
9	18,8	1	43	-128	439	**1**	8,14	7,75	-0,53	-0,92	1,82	8,51	3,55
10	21,0	1	25	-75	222	**1**	4,12	3,93	-0,26	-0,46	1,07	4,43	2,07

Krajnji nosač	Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section														n_v= 6
Leva konstrukcija	anvelopa / envelope α·0.5·Q_{sk}+α·0.6·$Q_{tak(lbk)}$														
Presek	x [m]	set	extrN1 [kN]	extrT2 [kN]	extrM3 [kNm]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	0	6	2	**1**	0.04	0.03	0.00	0.00			0.00	0.09	0.17	0.16
1	2.0	1	15	6	5	**1**	0.13	0.12	0.03	0.02			0.03	0.09	0.21	0.17
2	4.0	1	24	6	10	**1**	0.24	0.23	0.04	0.03			0.05	0.09	0.28	0.17
3	5.6	1	24	6	10	**1**	0.24	0.23	0.04	0.03			0.05	0.09	0.28	0.17
4	7.6	2	24	6	10	**2**	0.16	0.15	-0.10	-0.11	-0.14	0.07		0.09	0.22	0.19
5	9.6	2	24	6	10	**2**	0.16	0.15	-0.10	-0.11	-0.14	0.07		0.09	0.22	0.19
6l	11.6	2	24	6	10	**2**	0.16	0.15	-0.10	-0.11	-0.14	0.07		0.09	0.22	0.19
6d		2	24	6	10	**2**	0.16	0.15	-0.10	-0.11	-0.14	0.07		0.09	0.22	0.19
7	14.4	2	24	6	10	**2**	0.16	0.15	-0.10	-0.11	-0.14	0.07		0.09	0.22	0.19
8	16.6	1	24	6	10	**1**	0.24	0.23	0.04	0.03	-0.14	0.07		0.09	0.28	0.17
9	18.8	1	24	6	10	**1**	0.24	0.23	0.04	0.03			0.05	0.09	0.28	0.17
10	21.0	1	24	6	10	**1**	0.24	0.23	0.04	0.03			0.05	0.09	0.28	0.17

Krajnji nosač	$G^{st}_{k,1}$+$G^{un}_{k,2}$											
Leva konstrukcija												
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-0.39	-0.36	0.32	0.35	0.00	-0.01	0.01	2.01	3.88	3.88
1	2.0	1	2.68	2.47	-2.10	-2.31	0.00	0.07	-0.09	1.17	3.34	3.07
2	4.0	1	3.44	3.17	-2.70	-2.97	0.00	0.09	-0.11	0.28	3.21	2.75
3	5.6	1	2.62	2.41	-2.04	-2.25	0.00	0.07	-0.09	0.75	2.82	2.50
4	7.6	2	-0.14	-0.12	0.22	0.24	-0.23	0.01	-0.02	1.77	3.40	3.40
5	9.6	2	-5.20	-4.79	4.05	4.46	1.67	-0.11	0.12	2.69	7.05	6.57
6l	11.6	2	-12.57	-11.59	9.63	10.61	4.40	-0.28	***0.31***	3.52	13.42	11.77
6d		2	-12.81	-11.81	9.76	10.76	4.59	-0.29	***0.32***	4.25	14.36	12.73
7	14.4	2	-1.42	-1.31	1.02	1.13	0.66	-0.04	0.05	2.98	5.88	5.82
8	16.6	1	4.43	4.07	-3.58	-3.93	-1.57	0.10	-0.12	2.17	5.83	5.49
9	18.8	1	7.49	6.89	-6.08	-6.68	0.00	0.16	-0.19	1.18	7.26	6.49
10	21.0	1	8.41	7.74	-6.84	-7.51	0.00	0.17	-0.22	0.20	7.75	6.85

Услед G_{k1}+G_{k2} напон затезања у бетону нижи од f_{ctm} – бетонски пресек неиспрскао.

Due to G_{k1}+G_{k2}, the tensile stress in concrete does not exceed f_{ctm} - cross-sections is uncracked.

Krajnji nosač Leva konstrukcija			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}+S_h+\Phi_3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ (maxM)									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	0.32	0.32	0.26	0.26		-0.01	-0.03	4.39	8.45	8.44
1	2.0	1	7.14	6.72	-2.36	-2.78		0.07	-0.39	2.99	8.85	6.22
2	4.0	1	9.71	9.15	-3.06	-3.62		0.09	-0.54	0.67	9.24	3.32
3	5.6	1	8.95	8.45	-2.40	-2.90		0.07	-0.52	1.50	8.93	3.75
4	7.6	2	4.68	4.46	-0.18	-0.39	-0.23	0.09	-0.31	3.02	7.32	5.81
5	9.6	2	-2.81	-2.51	3.82	4.11	1.67	-0.03	-0.02	4.30	8.65	9.11
6l	11.6	2	-11.26	-10.34	9.42	10.34	4.40	-0.21	0.23	3.65	12.49	11.75
6d		2	-11.08	-10.17	9.53	10.44	4.59	-0.22	0.22	5.73	14.99	14.56
7	14.4	2	1.95	1.89	0.75	0.70	0.66	0.03	-0.15	7.35	14.26	14.16
8	16.6	1	13.42	12.65	-4.10	-4.88		0.17	-0.67	5.07	15.97	10.58
9	18.8	1	19.05	17.91	-6.77	-7.91		0.16	-0.95	2.56	18.57	8.37
10	21.0	1	20.31	19.08	-7.54	-8.77		0.17	-0.99	0.48	19.10	7.59

Krajnji nosač Leva konstrukcija			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ (maxM)								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	0.27	0.27	0.17	0.34		-0.04	4.30	8.28	8.28
1	2.0	1	7.57	7.16	-1.57	-1.98		-0.31	2.91	9.09	5.81
2	4.0	1	10.25	9.71	-2.07	-2.62		-0.43	0.58	9.77	2.36
3	5.6	1	9.38	8.90	-1.61	-2.10		-0.42	1.41	9.30	3.16
4	7.6	2	4.58	4.37	-0.32	-0.53	-0.37	-0.29	2.93	7.14	5.65
5	9.6	2	-2.12	-1.81	4.83	5.14	2.73	-0.14	4.22	8.31	9.44
6l	11.6	2	-9.45	-8.50	12.09	13.05	7.20	-0.08	3.56	10.91	13.90
6d		2	-9.20	-8.25	12.31	13.27	7.51	-0.11	5.64	13.63	16.41
7	14.4	2	2.22	2.17	1.15	1.10	1.08	-0.19	7.26	14.14	14.02
8	16.6	1	13.99	13.23	-3.07	-3.82		-0.60	4.99	16.34	10.07
9	18.8	1	19.97	18.86	-5.07	-6.18		-0.79	2.48	19.46	6.96
10	21.0	1	21.35	20.15	-5.64	-6.83		-0.82	0.40	20.17	5.69

Krajnji nosač Leva konstrukcija			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{un}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ (minM)									
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-0.78	-0.71	0.89	0.96	0.70	-0.06	0.01	4.19	8.09	8.10
1	2.0	1	1.63	1.53	-0.66	-0.76	1.83	-0.06	-0.12	2.21	4.51	4.30
2	4.0	1	1.53	1.46	-0.09	-0.16	3.31	-0.16	-0.16	0.50	1.74	0.96
3	5.6	1	0.10	0.16	1.54	1.60	4.51	-0.26	-0.14	1.13	2.17	2.66
4	7.6	2	-3.40	-3.01	5.25	5.64	6.06	-0.37	-0.02	2.46	5.62	7.08
5	9.6	2	-9.54	-8.64	10.74	11.64	10.04	-0.65	0.12	4.15	11.76	13.38
6l	11.6	2	-19.41	-17.67	20.08	21.83	17.47	-1.20	0.31	5.40	20.49	22.61
6d		2	-20.02	-18.21	20.81	22.61	18.40	-1.26	0.32	8.40	24.35	26.35
7	14.4	2	-3.34	-3.02	4.01	4.33	4.39	-0.23	0.05	5.03	10.13	10.47
8	16.6	1	3.25	3.02	-2.04	-2.27	0.53	0.03	-0.12	3.42	7.24	6.88
9	18.8	1	6.35	5.87	-4.71	-5.19	1.77	0.02	-0.24	2.21	7.24	6.34
10	21.0	1	7.36	6.78	-5.58	-6.16	1.61	0.05	-0.26	0.78	6.95	5.78

Krajnji nosač Leva konstrukcija			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ (minM)								
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-0.83	-0.76	0.79	1.03	0.70	-0.05	4.19	8.09	8.09
1	2.0	1	2.06	1.97	0.13	0.04	1.83	-0.14	2.21	4.68	4.25
2	4.0	1	2.06	2.01	0.90	0.85	3.31	-0.25	0.50	2.23	1.31
3	5.6	1	0.53	0.61	2.32	2.40	4.51	-0.34	1.13	2.25	3.18
4	7.6	2	-3.49	-3.11	5.12	5.50	5.91	-0.52	2.46	5.67	6.97
5	9.6	2	-8.86	-7.94	11.76	12.67	11.10	-0.76	4.15	11.26	14.21
6l	11.6	2	-17.61	-15.82	22.75	24.54	20.27	-1.24	5.40	18.93	25.01
6d		2	-18.14	-16.29	23.59	***25.44***	***21.32***	***-1.30***	8.40	22.95	28.60
7	14.4	2	-3.07	-2.74	4.40	4.74	4.81	-0.36	5.03	10.05	10.63
8	16.6	1	3.81	3.60	-1.00	-1.22	2.10	-0.21	3.42	7.50	6.65
9	18.8	1	7.28	6.82	-3.01	-3.47	1.77	-0.13	2.21	8.04	5.21
10	21.0	1	8.39	7.85	-3.69	-4.22	1.61	-0.12	0.78	8.00	3.98

Krajnji nosač Leva konstrukcija			*комбинација 2.1.2* $G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+\Phi 3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$ (extrV)						
Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-1.14	-1.07	0.28	0.52	4.44	8.62	8.55
1	2.0	1	6.50	6.15	-1.51	-1.87	3.02	8.46	6.00
2	4.0	1	3.70	3.46	-1.73	-1.97	1.21	4.17	2.90
3	5.6	1	1.69	1.56	-1.15	-1.28	2.15	4.42	4.29
4	7.6	2	0.40	0.36	-0.61	-0.65	3.89	7.49	7.51
5	9.6	2	-6.31	-5.69	7.86	8.49	5.46	11.94	13.11
6l	11.6	2	-16.29	-14.66	20.63	22.27	6.40	19.14	24.02
6d		2	-17.49	-15.71	22.59	24.36	***9.67***	24.35	***29.27***
7	14.4	2	0.42	0.37	-0.80	-0.86	7.52	14.47	14.49
8	16.6	1	12.47	11.79	-2.98	-3.67	5.36	15.66	10.73
9	18.8	1	16.79	15.83	-4.88	-5.84	3.09	16.91	7.69
10	21.0	1	13.81	12.97	-5.16	-6.00	1.35	13.23	5.78

Krajnji nosač			Spregnut presek/ Composite ni=6					n_v= 18		Spregnut presek - isprskali / Composite cracked section n_i=6												
Leva konstrukcija			q_{fk}		$F_{w,train}$			$S_h+0.6T_o$		$0.8q_{fk}+0.75F_{w,train}$												
Presek	x [m]	set	T2 [kN]	M3 [kNm]	N1 [kN]	T2 [kN]	M3 [kNm]	N1 [kN]	σ^{cr}_{i} [kN/cm²]	N1 [kN]	T2 [kN]	M3 [kNm]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-17	0	0	-2	0	28	0.09	0	-15	0	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00	0.22	0.41	0.41
1	2.0	1	-9	9	2	-2	4	28	0.09	2	-9	10	0.19	0.18	-0.01	-0.02			-0.01	0.12	0.30	0.24
2	4.0	1	5	11	4	0	7	28	0.09	3	4	14	0.26	0.25	-0.01	-0.03			-0.01	0.06	0.27	0.11
3	5.6	1	6	8	4	3	5	28	0.09	3	7	10	0.19	0.18	-0.01	-0.02			0.00	0.10	0.27	0.19
4	7.6	2	11	4	3	4	0	28	0.09	2	12	3	0.06	0.06	0.00	0.00			0.00	0.17	0.33	0.32
5	9.6	2	16	-11	1	4	-9	28	0.09	1	16	-16	-0.15	-0.13	0.24	0.26	0.30	-0.02		0.23	0.45	0.50
6l	11.6	2	20	-34	8	4	-19	28	0.09	6	19	-41	-0.39	-0.35	0.66	0.71	0.82	-0.05		0.27	0.63	0.84
6d		2	-28	-37	7	-9	-21	28	0.09	5	-29	-45	-0.43	-0.38	0.72	0.77	0.89	-0.05		0.42	0.89	1.08
7	14.4	2	-16	-5	4	-9	-3	28	0.09	3	-20	-6	-0.05	-0.05	0.10	0.11	0.13	0.00		0.28	0.54	0.55
8	16.6	1	-13	10	7	-7	10	28	0.09	5	-16	16	0.30	0.28	-0.01	-0.02			-0.01	0.22	0.51	0.43
9	18.8	1	-7	14	10	-4	14	28	0.09	8	-9	22	0.42	0.40	-0.01	-0.03			-0.01	0.12	0.46	0.24
10	21.0	1	7	16	10	0	15	28	0.09	8	6	24	0.46	0.44	-0.02	-0.04			-0.01	0.08	0.46	0.15

Krajnji nosač	*комбинација 2.1.3*
Leva konstrukcija	$G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+S_h+\Phi_3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}+0.8q_{fk}+0.75F_{w,train}+0.6T_k$ (extrM)

Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,s}$ [kN/cm²]	$\sigma^{un}_{i,c,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,c,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	0.37	0.36	0.17	0.34			-0.04	4.66	8.97	8.96
1	2.0	1	7.85	7.44	-1.58	-2.00			-0.32	3.03	9.45	6.04
2	4.0	1	10.61	10.05	-2.09	-2.64			-0.44	0.64	10.13	2.42
3	5.6	1	9.67	9.17	-1.62	-2.12			-0.43	1.51	9.62	3.33
4	7.6	2	-3.43	-3.05	5.12	5.59	6.01	-0.52		2.63	5.91	7.20
5	9.6	2	-9.01	-8.08	12.00	13.02	11.50	-0.78		4.37	11.66	14.65
6l	11.6	2	-18.00	-16.17	23.41	25.34	21.19	-1.29		5.67	19.50	25.83
6d		2	-18.57	-16.67	24.31	***26.31***	***22.31***	***-1.36***		8.82	23.79	***29.65***
7	14.4	2	-3.13	-2.79	4.51	4.94	5.03	-0.36		5.31	10.58	11.16
8	16.6	1	14.38	13.61	-3.08	-3.85			-0.61	5.21	16.90	10.48
9	18.8	1	20.48	19.35	-5.09	-6.21			-0.80	2.60	19.99	7.13
10	21.0	1	21.90	20.68	-5.66	-6.87			-0.84	0.48	20.70	5.73

Krajnji nosač	*комбинација 2.1.3*
Leva konstrukcija	$G^{st}_{k,1}+G^{cr}_{k,2}+S_h+\Phi_3\cdot\alpha\cdot Q_{v,1}+\alpha\cdot Q_{tk}+\alpha\cdot 0.5\cdot Q_{sk}+\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}+0.8q_{fk}+0.75F_{w,train}+0.6T_k$ (extrV)

Presek	x [m]	set	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	τ_{T2} [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,u,st}$ [kN/cm²]	$\sigma_{U,w,o,st}$ [kN/cm²]
0	0.0	1	-1.14	-1.07	0.28	0.52	4.66	9.03	8.97
1	2.0	1	6.69	6.33	-1.52	-1.89	3.14	8.75	6.24
2	4.0	1	3.97	3.71	-1.74	-2.00	1.27	4.44	3.00
3	5.6	1	1.88	1.75	-1.16	-1.29	2.25	4.67	4.48
4	7.6	2	0.47	0.42	-0.61	-0.66	4.06	7.81	7.83
5	9.6	2	-6.47	-5.82	8.11	8.75	5.68	12.38	13.61
6l	11.6	2	-16.68	-15.00	21.30	22.98	6.67	19.74	24.86
6d		2	-17.92	-16.10	23.31	***25.23***	***10.09***	25.21	***30.33***
7	14.4	2	0.37	0.32	-0.70	-0.74	7.80	15.01	15.02
8	16.6	1	12.77	12.07	-2.99	-3.69	5.58	16.15	11.14
9	18.8	1	17.20	16.23	-4.89	-5.87	3.21	17.36	7.88
10	21.0	1	14.27	13.41	-5.18	-6.04	1.43	13.69	5.86

Вредности нормалних напона у елементима попречног пресека кроз све фазе рада конструкције, а за меродавне комбинације оптерећења су ниже од дозвољених.

The normal stresses through all phases for the relevant load combinations are lower than limited values.

5.3 КОНТРОЛА ГРАНИЧНЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

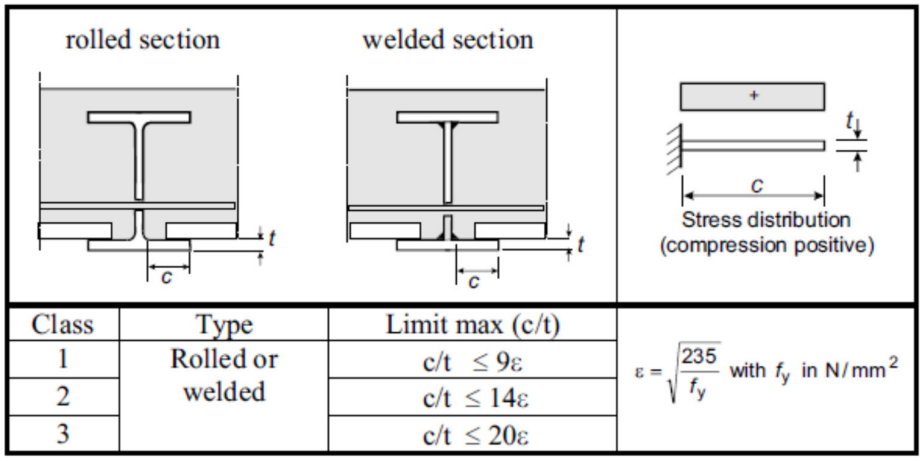
Контрола граничне носивости убетонираних челичних носача извршена је у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1994-2, Поглавље 6.3.2.

The ultimate limit state control of filler beam deck is performed in accordance with the provisions of the standard SRPS EN 1994-2, Chapter 6.3.2.

Класификација пресека убетонираних челичних носача (СРПС ЕН 1994-2, 5.5.3).

Classification of cross-sections (SRPS EN 1994-2, 5.5.3).

Table 5.2: Maximum values c/t for steel flanges of filler beams



Class	Type	Limit max (c/t)	
1	Rolled or welded	$c/t \le 9\varepsilon$	$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ with f_y in N/mm^2
2		$c/t \le 14\varepsilon$	
3		$c/t \le 20\varepsilon$	

c/t=116.5/25=4.66<9ε=7.32 → Класа 1 / Class 1

Меродавне комбинација оптерећења при којој се у пресецима носача јављају највећи статички утицаји.

Internal forces and moments for relevant load combinations.

Krajnji nosač

Leva konstrukcija

Presek	x [m]	set	*комбинација 1.1.2 (maxM)*			*комбинација 1.1.2 (minM)*			*комбинација 1.1.2 (extrV)*		
			N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0	0,0	1	29	-438	27	29	-435	-85	1	-461	-85
1	2,0	1	82	-292	571	53	-230	81	40	-312	474
2	4,0	1	109	24	776	69	-11	27	52	61	270
3	5,6	1	112	158	712	69	102	-130	71	207	113
4	7,6	2	104	313	381	69	239	-471	74	384	49
5	9,6	2	89	443	-216	55	409	-1033	59	543	-666
6l	11,6	2	65	366	-885	14	536	-1978	-20	637	-1783
6d		2	65	-295	-879	**14**	**-869**	**-2196**	**-8**	**-998**	**-1965**
7	14,4	2	115	-739	144	88	-520	-399	67	-774	68
8	16,6	1	142	-507	1056	94	-356	199	95	-553	909
9	18,8	1	168	-248	1493	74	-229	448	108	-319	1216
10	21,0	1	**176**	**54**	**1592**	74	-35	532	82	-93	974

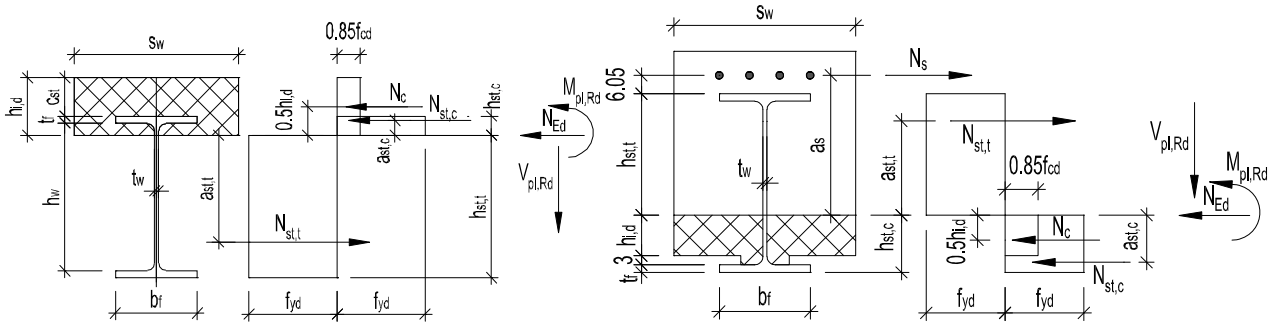
Krajnji nosač

Leva konstrukcija			$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$ (maxM)			$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$ (minM)			$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$ (extrV)		
Presek	x [m]	set	N1 [kN]	T2 [kN]	M3 [kNm]	N1 [kN]	T2 [kN]	M3 [kNm]	N1 [kN]	T2 [kN]	M3 [kNm]
0	0,0	1	0	91	42	0	-250	-59	0	-261	-42
1	2,0	1	9	-50	365	1	-83	-115	0	-221	69
2	4,0	1	12	40	502	1	-28	-205	0	-121	47
3	5,6	1	13	99	489	1	9	-279	9	130	390
4	7,6	2	10	169	395	1	19	-386	11	205	329
5	9,6	2	4	240	184	1	19	-531	2	275	79
6l	11,6	2	-4	150	68	-14	10	-868	-24	278	-206
6d		2	-2	100	90	-13	-499	-974	-13	-513	-949
7	14,4	2	16	-160	288	12	-249	-234	7	-446	-2
8	16,6	1	27	-102	630	14	-153	-138	22	-324	220
9	18,8	1	34	44	795	0	-128	-105	28	-216	284
10	21,0	1	37	58	802	3	-62	-95	7	-140	137

Krajnji nosač

Leva konstrukcija			*комбинација 1.3.1 (maxM)*			*комбинација 1.3.1 (minM)*			*комбинација 1.3.1 (extrV)*		
Presek	x [m]	set	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]
0	0,0	1	0	-50	20	0	-391	-81	0	-402	-64
1	2,0	1	9	-132	520	1	-165	40	0	-303	224
2	4,0	1	12	24	700	1	-44	-7	0	-137	245
3	5,6	1	13	152	641	1	62	-127	9	183	542
4	7,6	2	10	293	393	1	143	-388	11	329	327
5	9,6	2	4	429	-98	1	208	-813	2	464	-203
6l	11,6	2	-4	397	-621	-14	257	-1557	-24	525	-895
6d		2	-2	-198	-614	-13	-797	-1678	-13	-811	-1653
7	14,4	2	16	-369	207	12	-458	-315	7	-655	-83
8	16,6	1	27	-254	877	14	-305	109	22	-476	467
9	18,8	1	34	-39	1211	0	-211	311	28	-299	700
10	21,0	1	37	70	1269	3	-50	372	7	-128	604

5.3.1 Контрола граничне носивости на савијање и смицање / Design resistance for bending and shear



ПРЕСЕК у пољу

Гранични момент носивости пресека изложеног позитивном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5 kN/cm^2	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	1,98 kN/cm^2	γ_c=	1,50
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)		λf_{cd}=	1,69	λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5 kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	30,87 kN/cm^2	γ_{sM0}=	1,15
B500	⇒	f_y=	50 kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	43,48 kN/cm^2	γ_s=	1,15

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}-c_{st}$=	5,17	cm
$A_{st,c}$=	78,466	cm^2
$a_{st,c}$=	3,80	cm

Притиснути бетон

s_w=	55	cm
c_{st}=	14	cm
h_{id}=	19,17	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	53,83	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	51,33	cm
$A_{st,t}$=	141,73	cm^2
$a_{st,t}$=	39,91	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	54	kN	<$V_{pl,Rd}$
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1653	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	0,87		
Редукција носивости на савијање услед смичуће силе				(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)
	$(1-\rho)f_{yd}$=	30,87	kN/cm^2	

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	1777	kN	
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	2422	kN	
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	4375	kN	
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	176	kN	"+" за силу затезања

РАВНОТЕЖА **0**

крак унутрашњих сила **z=** 46,16 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2020 kN/m > ***M_{Ed}=*** 1592 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 176 kN

ПРЕСЕК над ослонцем

Гранични момент носивости пресека изложеног негативном моменту савијања

изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5 kN/cm^2	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	1,98 kN/cm^2	γ_c=	1,50
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)	λf_{cd}=		1,69	λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5 kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	30,87 kN/cm^2	γ_{sM0}=	1,15
B500	⇒	f_y=	50 kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	43,48 kN/cm^2	γ_s=	1,15

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}+3+t_f$=	23,95	cm
$A_{st,c}$=	102,89	cm^2
$a_{st,c}$=	19,46	cm

Притиснути бетон

s_w=	55	cm
h_{id}=	18,45	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	35,05	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	32,55	cm
$A_{st,t}$=	117,31	cm^2
$a_{st,t}$=	27,48	cm

Затегнута арматура

A_s	**6Ø25**	29,46	cm^2
	a_s=	41,10	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	869	kN	< $V_{pl,Rd}$
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1653	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	0,00		
Редукција носивости на савијање услед смичуће силе				(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)
	$(1-\rho)f_{yd}$=	30,79	kN/cm^2	

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	1711	kN	
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	3168	kN	
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	3612	kN	
N_s	*сила затезања у арматури*	1281	kN	
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	14	kN	"+" за силу затезања
РАВНОТЕЖА		0		

крак унутрашњих сила **z=** 46,91 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$= 2295 kN/m > ***M_{Ed}=*** 2196 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= 14 kN

ПРЕСЕК над ослонцем

Гранични момент носивости пресека изложеног негативном моменту савијања
изложеног савијању и аксијалној сили према СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3

Улазни подаци (СРПС 1992-1-1, 3.1.6 i СРПС ЕН 1992-1-1/NA)

C 35/45	⇒	f_{ck}=	3,5 kN/cm^2	α_{cc}=	0,85
		f_{cd}=	1,98 kN/cm^2	γ_c=	1,50
(СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3; UIC 773, 5.1.2)	λf_{cd}=		1,69	λ=	0,85
S355	⇒	f_y=	35,5 kN/cm^2	(СРПС ЕН 1994-2, 2.4.1.2; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{yd}=	30,87 kN/cm^2	γ_{sM0}=	1,15
B500	⇒	f_y=	50 kN/cm^2	(СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4; UIC 773, 5.1.2)	
		f_{sd}=	43,48 kN/cm^2	γ_s=	1,15

Челични носач HEA 600

b_f=	30,00	cm
t_f=	2,50	cm
h=	59,00	cm
h_w=	54,00	cm
t_w=	1,30	cm

Притиснути део челичног носача

$h_{st,c}=h_{i,d}+3+t_f$=	23,98	cm
$A_{st,c}$=	102,92	cm^2
$a_{st,c}$=	19,47	cm

Притиснути бетон

s_w=	55	cm
h_{id}=	18,48	cm

Затегнути део челичног носача

$h_{st,t}$=	35,02	cm
$h_{w,st,t}=h_{st,t}-t_f$=	32,52	cm
$A_{st,t}$=	117,28	cm^2
$a_{st,t}$=	27,46	cm

Затегнута арматура

A_s	**6Ø25**	29,46	cm^2
	a_s=	41,07	cm

Носивост челичног пресека на смицање

спољашња смичућа сила у пресеку	V_{Ed}=	998	kN	< $V_{pl,Rd}$
гранична носивост на смицање	$V_{pl,Rd}$=	1653	kN	(СРПС ЕН 1993-1, 6.2.6)
	ρ=	0,04		

Редукција носивости на савијање услед смичуће силе (СРПС ЕН 1994-2, 6.3.3)

$(1-\rho)f_{yd}$= 29,54 kN/cm^2

Унутрашње силе

N_c	*сила притиска у бетону*	1713	kN
$N_{st,c}$	*сила притиска у челику*	3040	kN
$N_{st,t}$	*сила затезања у челику*	3465	kN
N_s	*сила затезања у арматури*	1281	kN
N_{Ed}	*спољашња аксијална сила*	-8	kN

РАВНОТЕЖА **0**

крак унутрашњих сила **z=** 46,92 cm

Гранични момент носивости пресека $M_{pl,Rd}$ = 2227 kN/m > ***M_{Ed}*** = 1965 *kNm*

изложеног аксијалној сили N_{Ed}= -8 kN

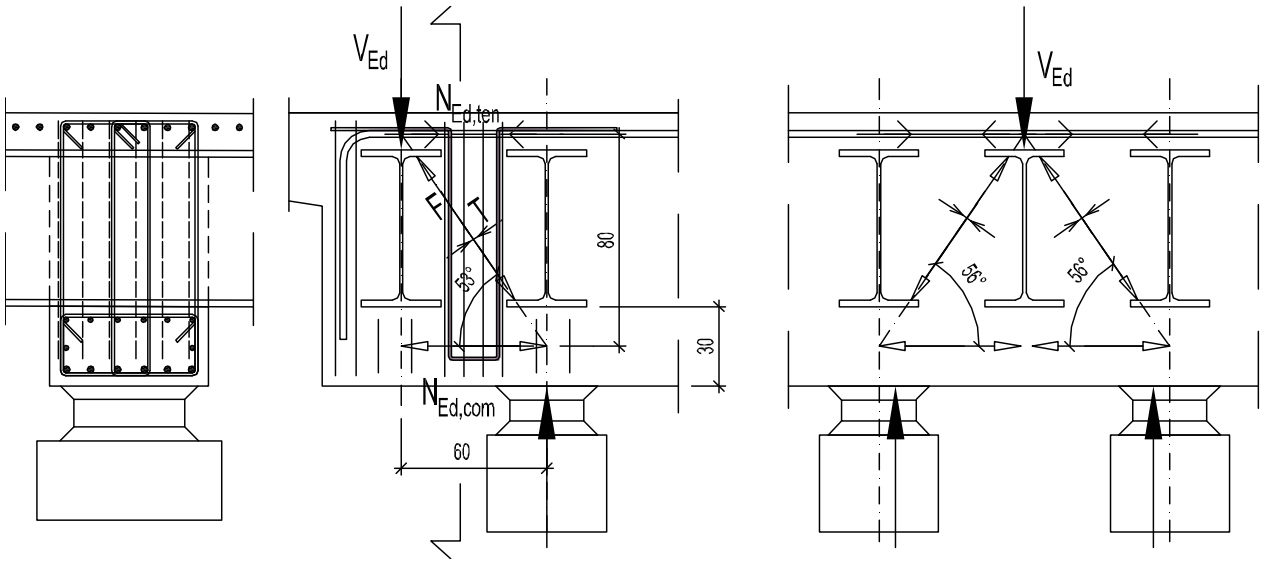
Гранична носивост пресека на савијање и смицање је задовољена.

Ultimate bending and shear resistance is satisfied.

5.3.2 Пренос реакције у лежишта кроз средње попречне носаче / Transmission of the vertical shear forces through the transverse girder at mid supports

Прорачун помоћу модела са притиснутим штаповима и затегама (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.5, СРПС ЕН 1992-2, ОО.2)

Strut and tie model for transmission of the vertical shear forces, transferred from the webs, to the bearings.



Меродавна је реакција крајњег носача на месту средњег ослонца.

$V_{Ed} = V_{Ed}^{6l} + V_{Ed}^{6d} = 998 + 637 = 1635kN$ (видети поглавље 5.3)

$$N_{Ed,com} = N_{Ed,ten} = \frac{V_{Ed} \cdot 55}{80} = \frac{1635 \cdot 55}{80} = 1124kN$$

$A_s = N_{Ed,ten} / f_{yd} = 1124 / 43.48 = 25.85cm^2 \rightarrow$ 6Ø25 (29.46cm^2) мора се превести преко крајњег носача и усидрити / must be anchored.

$F = V_{Ed} / \sin 56° = 1635 / \sin 56° = 1972kN$

$$\sigma_{Ed} = \frac{F}{60 \cdot 0.5 \cdot 80 / \sin 56°} = \frac{1972}{60 \cdot 46} = 0.714kN/cm^2 < \sigma_{Rd,\max} = 0.6 \cdot (1 - 35/250) \cdot 1.983 = 1.02kN/cm^2$$

услов испуњен

$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta) = 1 \cdot 60 \cdot 80 \cdot 0.6 \cdot 1.98 / (0.674 + 1.428) = 2277kN > F = 1972kN$

$T = \frac{1}{4} \cdot F = \frac{1}{4} \cdot 1972 = 493kN \rightarrow A_s = 493 / 43.48 \cdot \cos 56 = 20.27cm^2$ - силе цепања се прихватју вертикалним вешаљкама Ø14/10 (2·1.54·6=18.47cm^2) и четворосечним узенгијама Ø12/10 (4·1.13·4=18.08cm^2).

Између осталих носача изводе се вешаљке Ø12/10 и четворосечне узенгије Ø10/12.5 како је приказано у поглављу 6.3.2.

Сила притиска у доњем делу попречног носача:

$$N_{Ed,com} \rightarrow \sigma_{Ed} = \frac{N_{Ed,com}}{30 \cdot 60} = \frac{1124}{1800} = 0.624kN/cm^2 < \sigma_{Rd,\max} = 1.02kN/cm^2$$

$T = \frac{N_{Ed,com}}{4} = \frac{1124}{4} = 281kN \rightarrow A_s = 281 / 43.48 = 6.46cm^2$ - силе цепања се прихвата двосечним узенгијама Ø10/10 (2·0.785·6=9.42cm^2).

5.4 КОНТРОЛА КАРАКТЕРИСТИЧНЕ ШИРИНЕ ПРСЛИНА / CRACK CONTROL

Контрола карактеристичне ширине прслина у бетонској плочи изнад средњих ослонаца, ограничена је на вредност w=0.3mm код железничких мостова (UIC 773, 4.4).

Минимална армарура / Minimum reinforcement (СРПС ЕН 1994-2, 7.4.2):

$k_s = 0.9 \qquad k = 0.8$

$h_c = c_{st} = 14cm \qquad z_0 = h_{i,d}^{un(n_i)} - 0.5 \cdot c_{st} = 35.79 - 0.5 \cdot 14 = 28.79cm$

$$k_c = \frac{1}{1 + h_c / 2z_0} + 0.3 = \frac{1}{1 + 14/2 \cdot 28.79} = 1. > 1 \quad \rightarrow \quad k_c = 1$$

$\sigma_s = 200Mpa = 20kN/cm^2 \quad \leftarrow \quad \phi = 25mm$

$A_{s,\min} = k_s k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s = k_s k_c k f_{ct,eff} \cdot c_{st} \cdot s_w / \sigma_s = 0.9 \cdot 1 \cdot 0.8 \cdot 0.32 \cdot 14 \cdot 55 / 20 = 8.87cm^2$

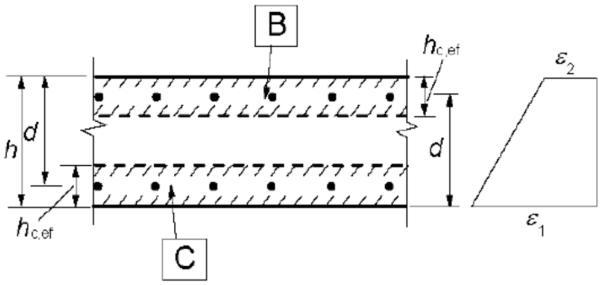
У коловозној плочи изнад средњих ослонаца усвојена арматура ***6Ø25*** (29.46cm²)

$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ карактеристична ширина прслина / crack width

$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$ максимално растојање прслина / maximum crack spacing

$k_1 = 0.8, \quad k_2 = 1.0, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$

Контрола карактеристичне ширине прслина извршена је за карактеристичну комбинацију оптерећења, што је на страни сигурности јер су ограничења дефинисана за квазисталну комбинацију.



B – ефективна затегнута површина бетона у горњој зони, $A_{ct,eff}$

C – ефективна затегнута површина бетона у доњој зони, $A_{cb,eff}$

$h_{c,eff} = c_{st} = 14cm \qquad A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot s_w = 14 \cdot 55 = 770cm^2 \qquad \rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{29.46}{770} = 0.038$

$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff} = 3.4 \cdot 40 + 0.8 \cdot 1.0 \cdot 0.425 \cdot 25 / 0.038 = 360mm$

$k_t = 0.4, \quad \sigma_s = 207MPa, \quad f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3.2MPa, \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34} = 5.88$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0.6 \frac{207}{200 \cdot 10^3} = 0.621 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{207 - 0.4 \frac{3.2}{0.038}(1 + 5.88 \cdot 0.038)}{200 \cdot 10^3} = 0.829 \cdot 10^{-3} > 0.621 \cdot 10^{-3} \quad \rightarrow \quad \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.829 \cdot 10^{-3}$$

$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 360 \cdot 0.829 \cdot 10^{-3} = 0.298mm < 0.30mm$

Захтеви у погледу ограничења ширине прслина су задовољени.

The crack width limitation is met.

5.5 КОНТРОЛА ОТПОРНОСТИ НА ЗАМОР / FATIGUE VERIFICATION

Процена отпорности на замор код убетонираних ваљаних носача спроводи се само за сучени спој ваљаних носача, подужну арматуру у горњој зони код средњих ослонаца и бетон изложен напонима притиска (UIC 773, 6).

Fatigue verification for filler beam deck is carried out only for the but welded splice of roled beams, longitudinal reinforcement at the intermediate supports and the concrete exposed to compressive stresses (UIC 773, 6).

5.5.1 Контрола отпорности на замор завареног сучеоног споја главног носача / Fatique verification of the but welded splice of roled beams

Контрола отпорности на замор код железничких мостова може се спровести применом поједностављеног поступка за карактеристичну вредност саобраћајног оптерећења услед шеме LM71 (СРПС ЕН 1993-2, 9.2.3).

Fatigue verification for railway bridges can be carried out by simplified method for the characteristic values for load model 71 (SRPS EN 1993-2, 9.2.3).

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} \qquad \gamma_{Ff} = 1.0 \quad \gamma_{Mf} = 1.35$$ (СРПС ЕН 1993-2, 9.5.1)

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \cdot \Phi_2 \cdot \Delta\sigma_p \qquad \Delta\sigma_p = \left|\sigma_{p,\max} - \sigma_{p,\min}\right|$$ (СРПС ЕН 1993-2, 9.4.1)

$\Phi_2 = 1.174$ - за главни носач приказано у поглављу 2.2.2 овог прорачуна

$\lambda = \lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4 < \lambda_{max} = 1.40$ - фактор оштећења (СРПС ЕН 1993-2, 9.5.3)

Процењене вредности протока робе на траси (саобраћајни институт ЦИП):

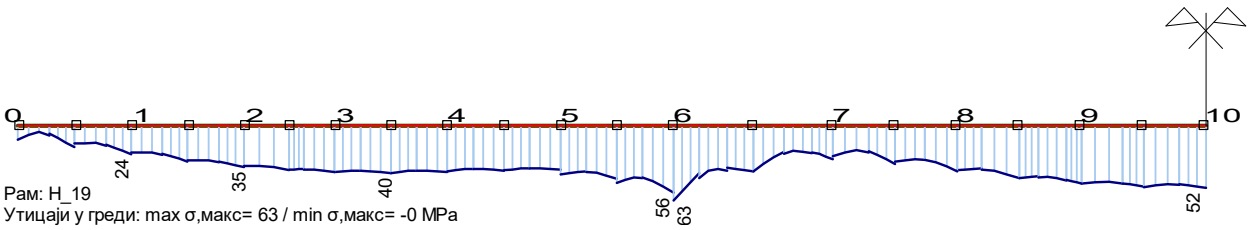
Table 8.1.5. Forecasted goods flows

Year	Railway line section	Total	Domestic	Imports	Exports	Transit
		[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2023	Novi Sad - Subotica	5,695,034	413,294	1,577,632	768,984	2,935,124
	Subotica - Subotica border	5,281,740	0	1,577,632	768,984	2,935,124
2025	Novi Sad - Subotica	6,181,156	455,657	1,673,710	815,815	3,235,975
	Subotica - Subotica border	5,725,500	0	1,673,710	815,815	3,235,975
2030	Novi Sad - Subotica	7,597,603	581,546	1,940,288	945,753	4,130,015
	Subotica - Subotica border	7,016,057	0	1,940,288	945,753	4,130,015
2040	Novi Sad - Subotica	9,334,083	781,549	2,365,200	1,152,868	5,034,465
	Subotica - Subotica border	8,552,534	0	2,365,200	1,152,868	5,034,465
2050	Novi Sad - Subotica	11,378,195	952,704	2,883,166	1,405,340	6,136,985
	Subotica - Subotica border	10,425,491	0	2,883,166	1,405,340	6,136,985

За одређивање фактора λ_2, усвојена је вредност од 20000t/год.

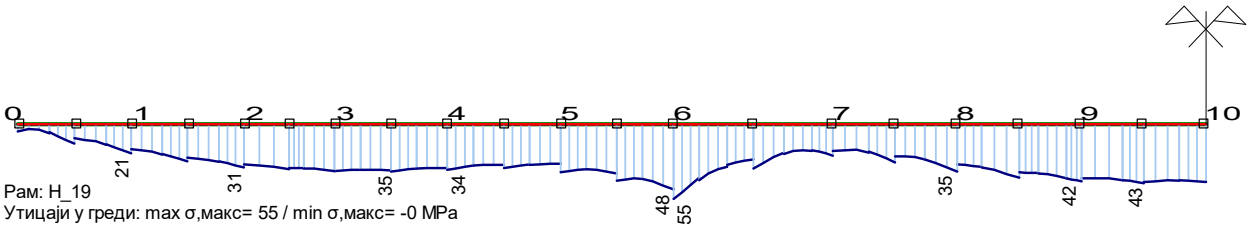
Пројектни век конструкције 100 година.

Опт. 1: axLM71 + axQtk- I+II kolosek



Рам: H_19
Утицаји у греди: max σ,макс= 63 / min σ,макс= -0 MPa

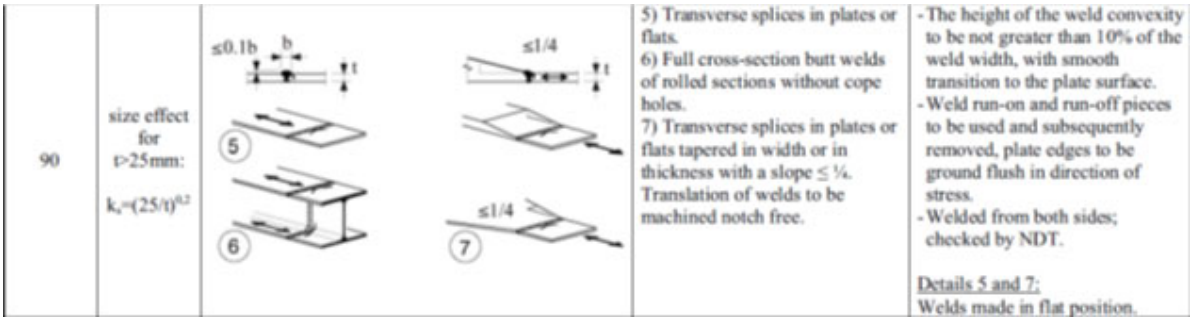
Опт. 3: axΦ3xLM71 + axQtk - II kolose



Рам: H_19
Утицаји у греди: max σ,макс= 55 / min σ,макс= -0 MPa

$$\Delta\sigma_1 / \Delta\sigma_{1+2} = 34/40 = 0.85$$

	Главни носач	EH 1993-2
λ_1	0.69	Tabela 9.3
λ_2	0.96	Tabela 9.5
λ_3	1.0	Tabela 9.6
λ_4	0.88	Tabela 9.7
	$\lambda = 0.583$	



$$\frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} = \frac{90}{1.35} = 66.7Mpa = 6.67kN/cm^2$$

Напони у карактеристичним тачкама попречног пресека носача за карактеристичне пресеке главног носача приказани су у поглављу 5.2 овог прорачуна.

The stresses in main girder are shown in Chapter 5.2.

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

Сучеони наставак се изводи у зони нултих момената услед сталног оптерећења, између пресека 3 и 4 односно 7 и 8.

		Spregnut presek-isprskali / Composite cracked section n_v= 6								$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$			
		anvelopa / envelope Φ3·α·$Q_{v,1}$+α·Q_{tk} maxM				anvelopa / envelope Φ3·α·$Q_{v,1}$+α·Q_{tk} minM							
Presek	x [m]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,u}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,w,o}$ [kN/cm²]	$\sigma^{cr}_{i,o}$ [kN/cm²]	$\max\Delta\sigma_p$ [kN/cm²]	$\Delta\sigma_{E,2}$ [kN/cm²]	$\gamma_{Ff}\Delta\sigma_{E,2}$ [kN/cm²]	$\Delta\sigma_c/\gamma_{Mf}$ [kN/cm²]
3	5.6	6.09	5.81	-0.40	-0.69	-2.28	-2.02	3.62	3.88	8.37	5.73	5.73	6.67
4	7.6	4.66	4.44	-0.30	-0.52	-3.10	-2.75	4.93	5.29	7.76	5.31	5.31	6.67
7	14.4	3.21	3.06	-0.17	-0.32	-1.77	-1.56	2.89	3.09	4.97	3.40	3.40	6.67
8	16.6	8.75	8.34	-0.57	-0.98	-0.93	-0.82	1.58	1.69	9.69	6.63	6.63	6.67

Отпорност на замор сученог споја ваљаних носача је задовољена.

Fatique verification of the but welded splice of roled beams is adequate.

5.5.2 Контрола отпорности на замор бетона и подужне арматуре / Fatigue verification of concrete and longitudinal reinforcement

Сходно одредбама тачке 6.8.7 (101), стандарда СРПС ЕН 1992-2, за бетонске односно железничке мостове, отпорност челика за армирање као и отпорност на замор притиснутог бетона може се спровести применом поједностављеног поступка приказаног у Додатку НН3, СРПС ЕН 1992-2.

Контрола отпорности на замор се сходно приближном поступку спроводи за шему саобраћајног оптерећења LM71 односно SW/0, која се не множи коефицијентом α, док се динамички ефекти уводе посредством динамичког коефицијента Φ према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2.

Вредност динамичког коефицијента као и прерасподела саобраћјног оптерећења приказани су у Поглављу 2.2. Статички утицаји услед шема оптерећења LM71 односно SW/0, као и сталних оптерећења приказани у Поглављима 5.1 односно 5.2.

A simplified approach based on λ values may be used for the verification for railway bridges, as show in Annex NN.

5.5.2.1 Арматурни челик / Reinforcing steel

Сматра се да је носивост на замор арматурног челика адекватна уколико је задовољен услов (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.8.5 (3)):

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{s,equ} \le \frac{\Delta\sigma_{Rsk}}{\gamma_{s,fat}}$$

$\Delta\sigma_{Rsk} = \zeta \cdot 162.5 = (0.35 + 0.026 \cdot D/\phi) \cdot 162.5 = 120.25 Mpa$ (СРПС ЕН 1992-1-1, табела 6.3Н)

$\gamma_{F,fat} = 1.0$ (СРПС ЕН1992-1-1, 2.4.2.3(1))

$\gamma_{s,fat} = 1.15$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 2.4.2.4(1))

$\Delta\sigma_{s,equ} = \lambda_s \cdot \Delta\sigma_{s,71}$ (СРПС ЕН 1992-2, Додатак НН3)

$\lambda_s = \lambda_{s,1}\lambda_{s,2}\lambda_{s,3}\lambda_{s,4}$

$\lambda_{s,1} = \lambda_{s,1}(2m) + \left[\lambda_{s,1}(20m) - \lambda_{s,1}(20m)\right](\log L - 0.3)$ (СРПС ЕН 1992-2, Додатак НН3 (103), Таблица НН.2)

Дужина утицајне линије за минимални моменат изнад средњег ослонца L=11.6+17.4=29m>20m

$\lambda_{s,1} = \lambda_{s,1}(20m) = 0.7$

$\lambda_{s,2} = (V_{ol} / 25x10^6)^{(1/k2)} = (20 \times 10^4/25x10^6)^{(1/9)} = 0.585$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.8 Таблица 6.3N)

$\lambda_{s,3} = (N_{Years} / 100)^{(1/k2)}$ за пројектовани животни век моста 100 година $\lambda_{s,3} = 1.0$

$\lambda_{s,4}$ = 1.0 усвојено 1 што је на страни сигурности

$\lambda_s = 0.7 \cdot 0.585 \cdot 1 \cdot 1 = 0.41$

$$\Delta\sigma_{s,71} = \max\sigma_{s,71} - \min\sigma_{s,71}$$

PRESEK	$\max\sigma_{s,71(SW0)}$ [Mpa]	$\min\sigma_{s,71(SW0)}$ [Mpa]	$\Delta\sigma_{s,71(SW0)}$ [Mpa]	λs1	λs	$\Delta\sigma_{s,equ}$ [Mpa]	$\gamma_{F,fat}\cdot\Delta\sigma_{s,equ}$ [Mpa]	uslov	$\Delta\sigma_{Rsk}/\gamma_{s,fat}$ [Mpa]
4	-48,19	61,5	109,7	0,70	0,41	45,2	45,2	<	105
5	-22,93	82,3	105,2	0,70	0,41	43,3	43,3	<	105
6	-16,82	136,8	153,6	0,70	0,41	62,9	62,9	<	105
7	-32,46	35,9	68,4	0,70	0,41	28,0	28,0	<	105

$\Delta\sigma_{Rsk}$=	120,25	Mpa
$\gamma_{s,fat}$=	1,15	
$\gamma_{F,fat}$=	1	
"+" za zatezanje		

Отпорност на замор арматурног челика је задовољена.

Fatigue verification of the reinforcing steel is adequate.

5.5.2.2 Бетон изложен напонима притиска / Concrete subjected to compression

За бетон изложен напонима притиска може се претпоставити одговарајућа отпорност на замор уколико је задовољен услов (СРПЦ ЕН 1992-2, НН.3.2 (101)):

$$14 \cdot \frac{1 - E_{cd,\max,equ}}{\sqrt{1 - R_{edu}}} \geq 6$$

$$R_{equ} = \frac{E_{cd,\min,equ}}{E_{cd,\max,equ}} \quad E_{cd,\min,equ} = \gamma_{sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,\min,equ}}{f_{cd,fat}} \quad E_{cd,\max,equ} = \gamma_{sd} \cdot \frac{\sigma_{cd,\max,equ}}{f_{cd,fat}}$$

$$\sigma_{cd,\max,equ} = \sigma_{c,perm} + \lambda_c \cdot (\sigma_{c,\max,71} - \sigma_{c,perm})$$

$$\sigma_{cd,\min,equ} = \sigma_{c,perm} - \lambda_c \cdot (\sigma_{c,perm} - \sigma_{c,\min,71})$$

$\gamma_{sd} = 1.0$ $f_{cd,fat} = k_1 \cdot \beta_{cc}(t_0) \cdot f_{cd} \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.8.7(1))

$k_1 = 0.85$ (СРПС ЕН 1992-2/НА, 2.20)

$\beta_{cc}(t_0 = 28) = 1.0$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 3.1.2(6))

$\lambda_{c,0} = 0.94 + 0.2 \cdot (\sigma_{c,per} / f_{cd,fat}) \geq 1$ (СРПС ЕН 1992-2, НН.3.2)

$\lambda_{c,1} = \lambda_{c,1}(2m) + \left[\lambda_{c,1}(20m) - \lambda_{c,1}(20m)\right](\log L - 0.3)$ (СРПС ЕН 1992-2, Додатак НН3.2 (105))

$$\lambda_{c,2,3} = 1 + \frac{1}{8}\log\left[\frac{\text{Vol}}{25 \cdot 10^6}\right] + \frac{1}{8}\log\left[\frac{N_{years}}{100}\right]$$

$\lambda_{c,2,3}$=0.612 за пројектовани 'животни век' моста 100 година ако усвојимо максимални волумен саобраћаја од 20x10^4

$\lambda_{c,4}$ = 1.0 усвојено 1 што је на страни сигурности

f_{ck}	γ_{sd}	γ_c	α_{cc}	β_{cc}	k_1	f_{cd}	$f_{cd,fat}$
[Mpa]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]
35	1	1,5	0,85	1	0,85	19,83	14,50

PRESEK	$\sigma_{c,perm}$	$\sigma_{c,max,71}$	$\sigma_{c,min,71}$	$\lambda_{c,0}$	$\lambda_{c,1}$	λ_c	$\sigma_{cd,max,equ}$	$\sigma_{cd,min,equ}$	$E_{cd,max,equ}$	$E_{cd,min,equ}$	R_{equ}	$14 \cdot \frac{1-E_{cd,max,equ}}{\sqrt{1-R_{edu}}}$		
	[Mpa]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[-]	[Mpa]	[Mpa]	[-]	[-]	[-]			
1	-0,74	-3,06	-0,74	1,00	0,70	0,428	-1,74	-0,74	-0,120	-0,051	0,43	20,73	>	6
2	-0,88	-4,20	-0,88	1,00	0,70	0,428	-2,30	-0,88	-0,159	-0,060	0,38	20,62	>	6
3	-0,65	-4,13	-0,65	1,00	0,70	0,428	-2,14	-0,65	-0,147	-0,045	0,30	19,24	>	6
4	-0,07	-5,44	0,745	1,00	0,85	0,520	-2,87	0,35	-0,198	0,024	-0,12	15,82	>	6
5	-1,04	-7,55	-0,33	1,00	0,85	0,520	-4,43	-0,67	-0,305	-0,046	0,15	19,84	>	6
6	-2,66	-13,7	-1,08	1,00	0,85	0,520	-8,43	-1,84	-0,581	-0,127	0,22	25,03	>	6
7	-0,30	-4,89	1,795	1,00	0,85	0,520	-2,69	0,79	-0,186	0,054	-0,29	14,60	>	6
8	-1,13	-5,99	1,818	1,00	0,55	0,340	-2,78	-0,13	-0,192	-0,009	0,05	17,10	>	6
9	-1,78	-7,88	0,121	1,00	0,55	0,340	-3,85	-1,14	-0,266	-0,078	0,29	21,10	>	6
10	-2,04	-8,19	0,445	1,00	0,55	0,340	-4,13	-1,20	-0,285	-0,082	0,29	21,34	>	6

Отпорност на замор притиснутог бетона је задовољена.

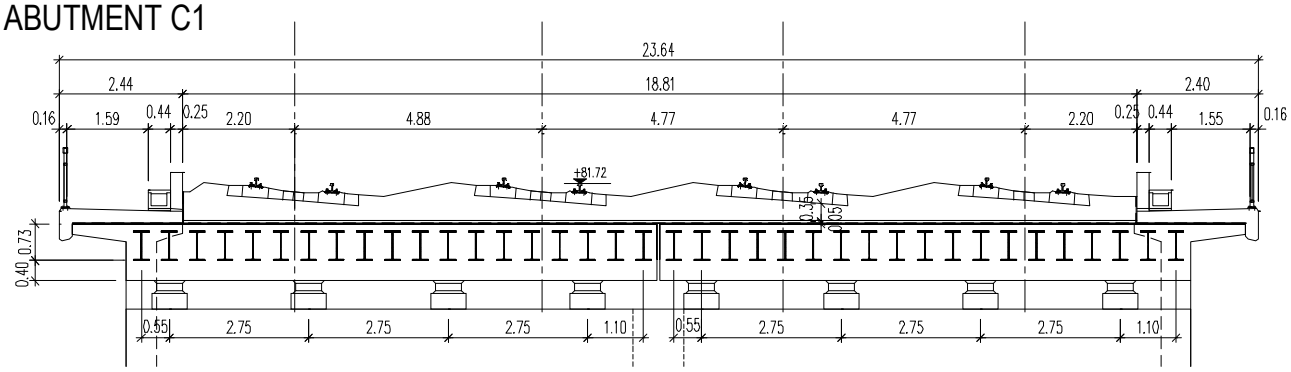
Fatigue verification of the concrete subjected to compression is adequate.

6 ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ / CROSS GIRDERS

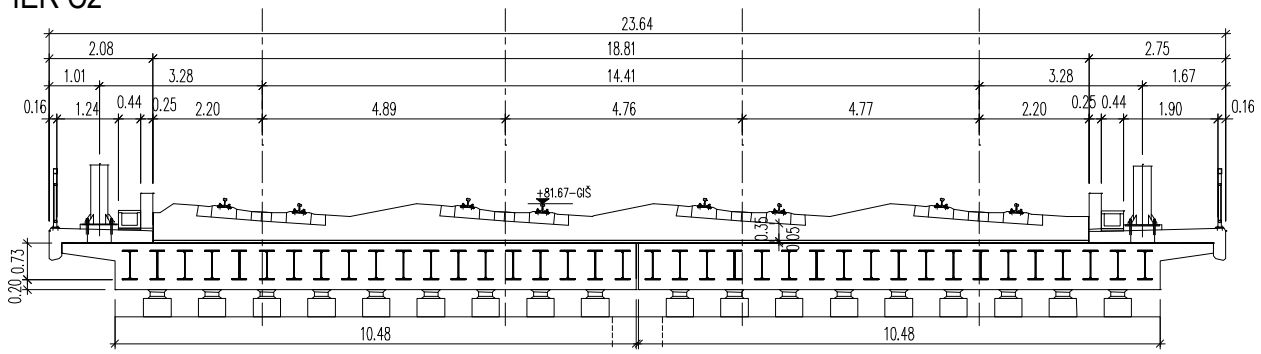
Попречни носачи изводе се у две фазе. Доњи део носача монтира се у коначан положај на лежишта, и у првој фази представља лежишну греду за челичне носаче. Након постављања ваљаних челичних носача у пројектовани положај, горњи део носача изводи се ливењем на лицу места. На овај начин омогућено је да свака од конструкција буде ослоњена на обалне стубове преко четири лежишта, док су на месту средњих стубова лежишта постављена испод сваког другог челичног носача.

Cross girders are constructed in two phases. The lower part of the girder is precast and erected in the final position on the bearings, and in the first phase it represents the bearing beam for steel girders. After placing the rolled steel girders in the designed position, the upper part of the girders is performed by casting in-sity. This way, it is possible for each of the structures to be supported on the abutments over four bearings, while at the midl piers the bearings are placed under every other steel girder.

ABUTMENT C1

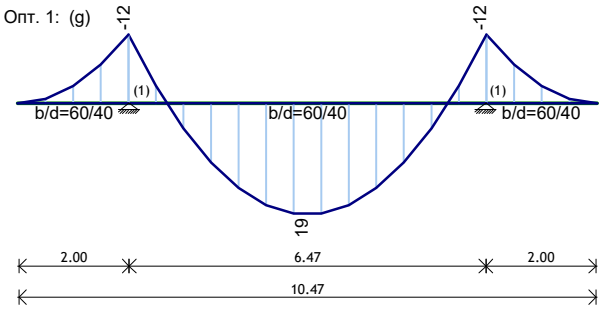


PIER C2

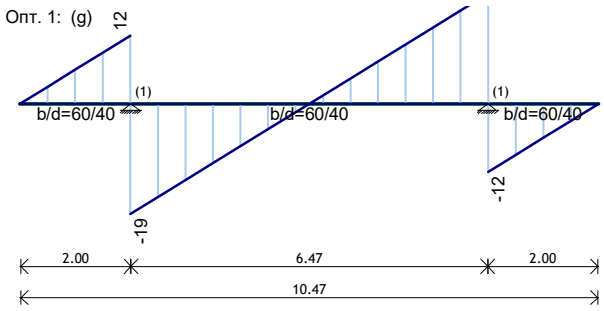


6.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У КРАЈЊИМ ОСЛОНАЧКИМ НОСАЧИМА / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN END CROSS GIRDERS

6.1.1 Фаза монтаже доњег дела носача / Erection of the lower part of the girder



Утицаји у греди: max M3= 19 / min M3= -12 kNm



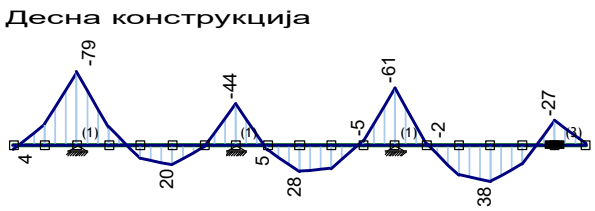
Утицаји у греди: max T2= 19 / min T2= -19 kN

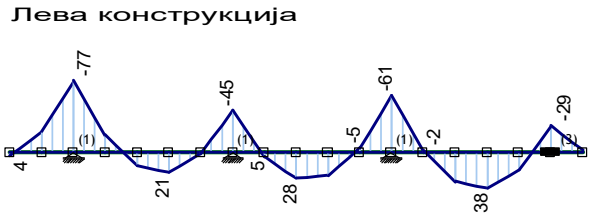
Статички утицаји у фази монтаже нису меродавни за димензионисање. Усвојена арматура имаће довољну носивост и за фазу монтаже доњег дела носача.

Internal forces and moments at the erection phase are not relevant for dimensioning. The adopted reinforcement will have sufficient load-bearing capacity for the erection phase of the lower part of the cross girder.

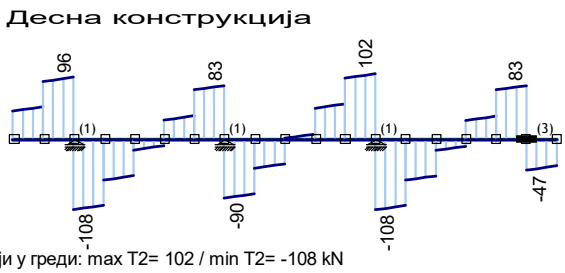
6.1.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$

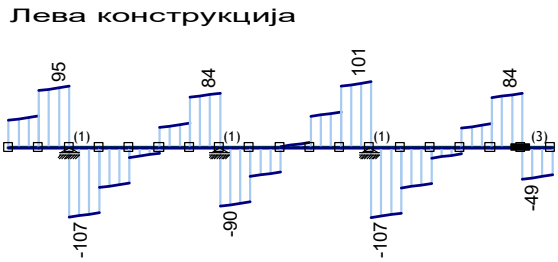
Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton





Утицаји у греди: max M3= 38 / min M3= -79 kNm
Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton

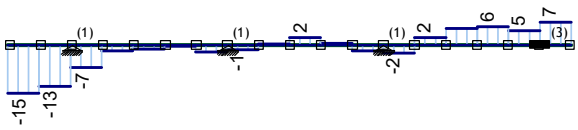




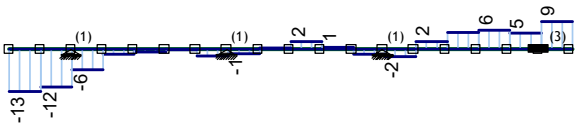
Утицаји у греди: max T2= 102 / min T2= -108 kN

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton

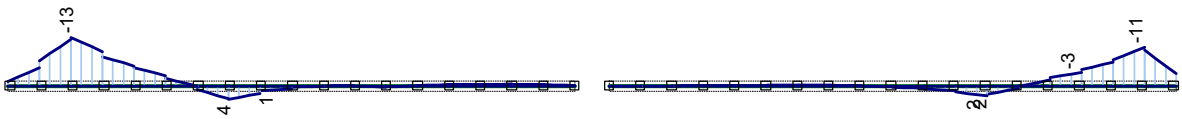
Десна конструкција



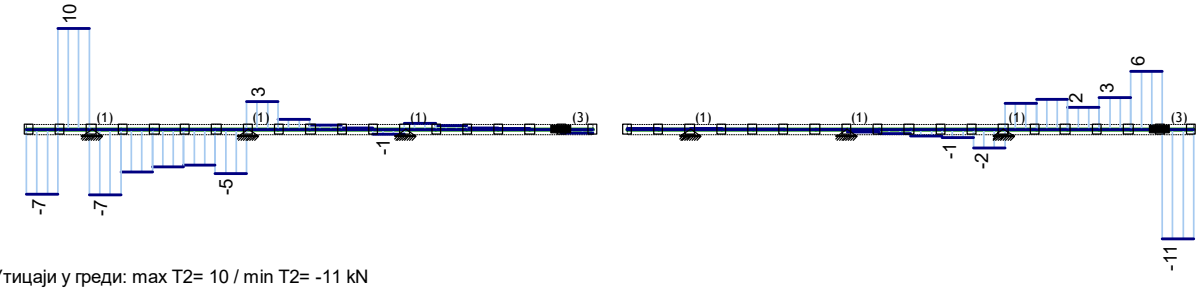
Лева конструкција



Утицаји у греди: max M1= 9 / min M1= -15 kNm
Опт. 1: mt konzola



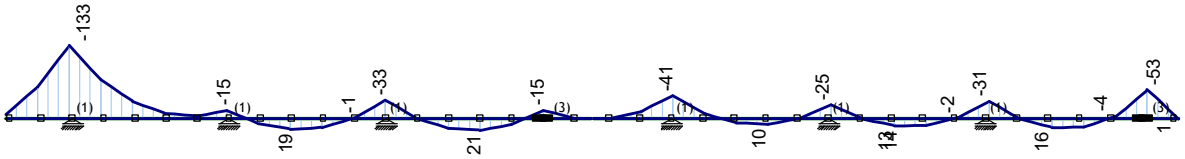
Утицаји у греди: max M3= 4 / min M3= -13 kNm
Опт. 1: mt konzola



Утицаји у греди: max T2= 10 / min T2= -11 kN

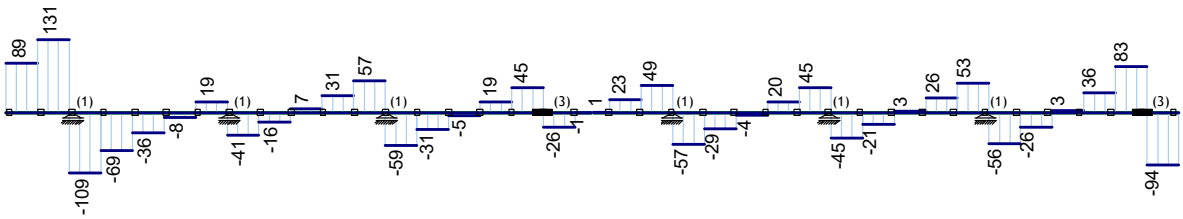
6.1.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$

Опт. 2: Gk2 - stalni teret +30%

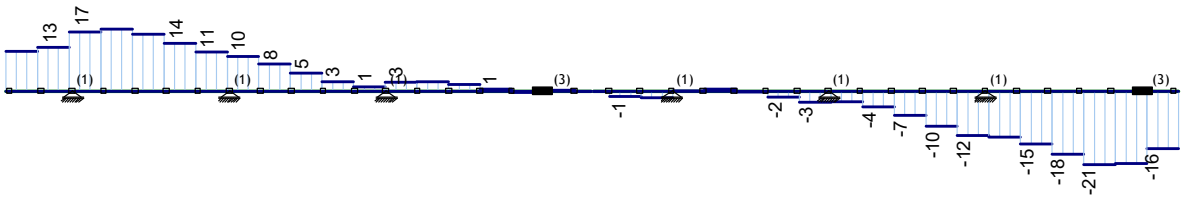


Утицаји у греди: max M3= 22 / min M3= -133 kNm

Опт. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Утицаји у греди: max T2= 131 / min T2= -109 kN
Опт. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Утицаји у греди: max M1= 18 / min M1= -21 kNm

6.1.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$

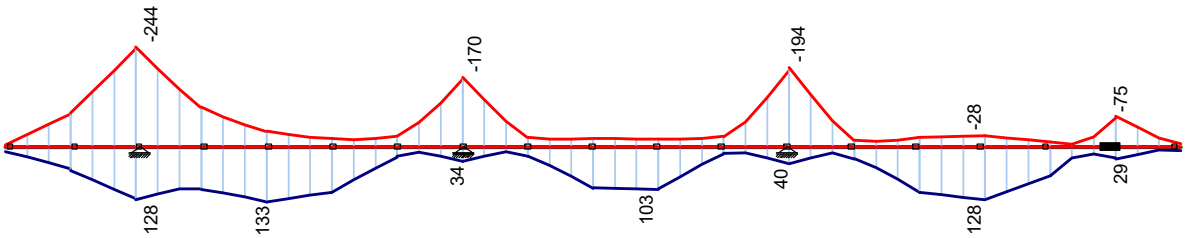
Статички утицаји услед вертикалног саобраћајног оптерећења одређени су у роштиљном систему са динамичким коефицијентом главног носача Ф3=1.26, и приказани на дијаграмима испод. Динамички коефицијент за ослоначке попречне ноаче износи Ф3=2.003, стога ће приказани статички утицаји бити увећани коефицијентом k=2.003/1.261=1.588.

Internal forces due to vertical traffic load were determined in a grill system with a dynamic factor of the main girder Ф3=1.26, and shown in the diagrams below. The dynamic coefficient for supporting cross girders is Ф3=2.003, therefore the shown internal forces will be increased by the coefficient k=2.003/1.261 = 1.588.

Лева конструкција – Left structure

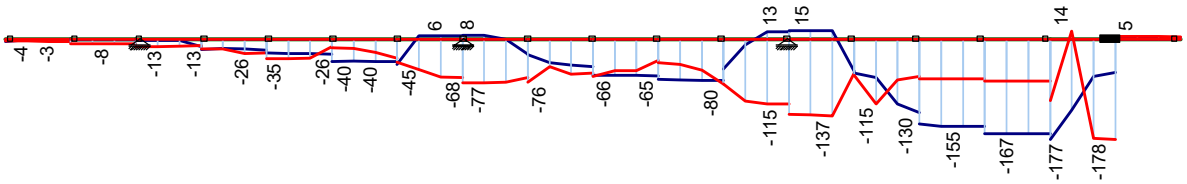
Утицај за extr M3

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_4
Утицаји у греди: max M3= 133 / min M3= -244 kNm

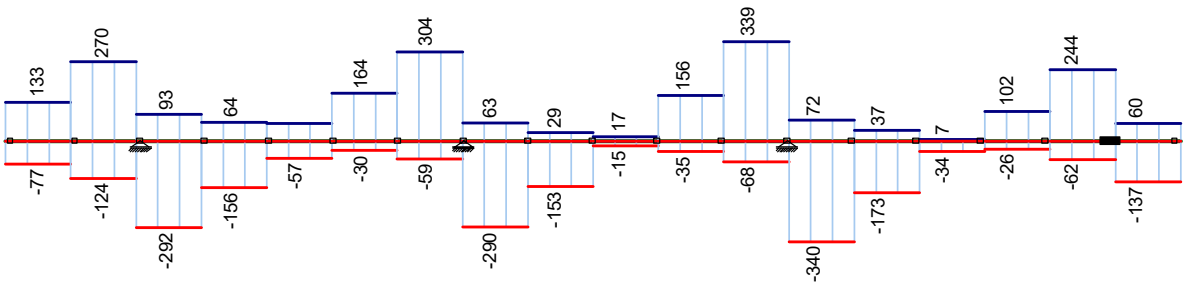
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_4
Утицаји у греди: max N1= 15 / min N1= -178 kN

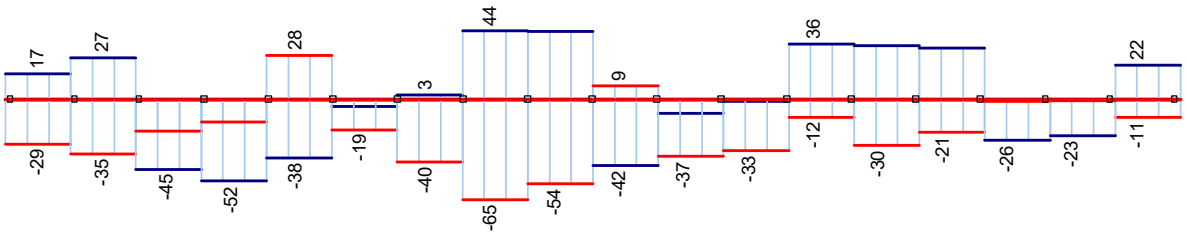
Утицај за extr T2

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_4
Утицаји у греди: max T2= 339 / min T2= -340 kN

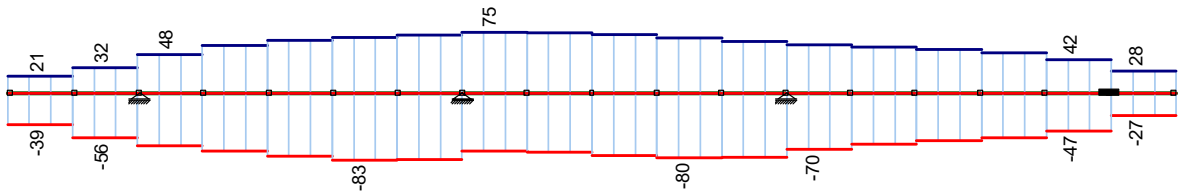
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_4
Утицаји у греди: max M1= 44 / min M1= -65 kNm

extr M1

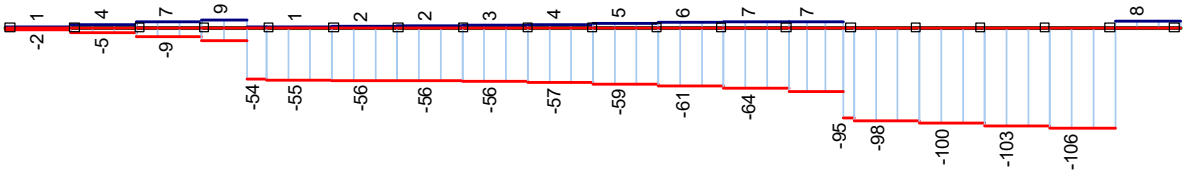
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_4
Утицаји у греди: max M1= 75 / min M1= -83 kNm

6.1.5 Сила бочног удара 0.5·α·Qsk

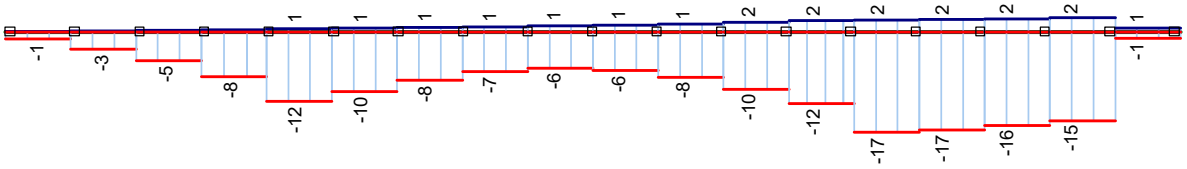
Опт. 6: I+II



Рам: K_1
Утицаји у греди: max N1= 9 / min N1= -106 kN

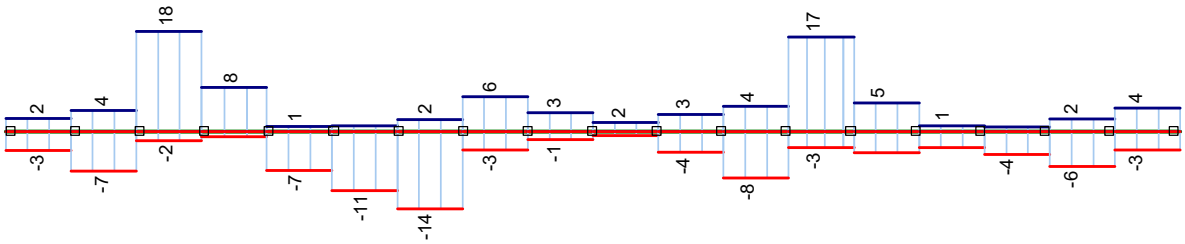
6.1.6 Силе од кочења и покретања воза Qlak, Qlbk

Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I

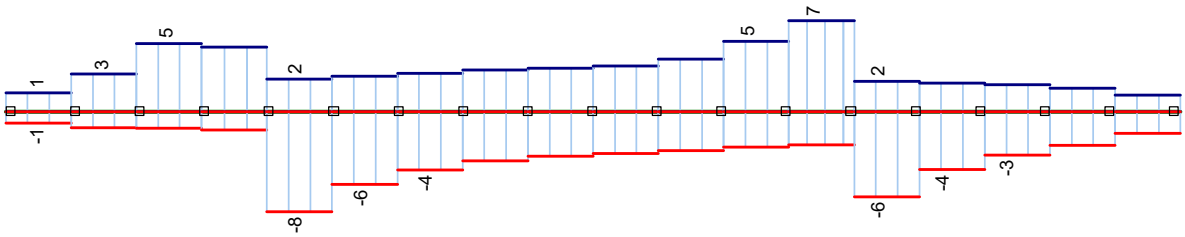


Рам: K_1
Утицаји у греди: max N1= 2 / min N1= -17 kN

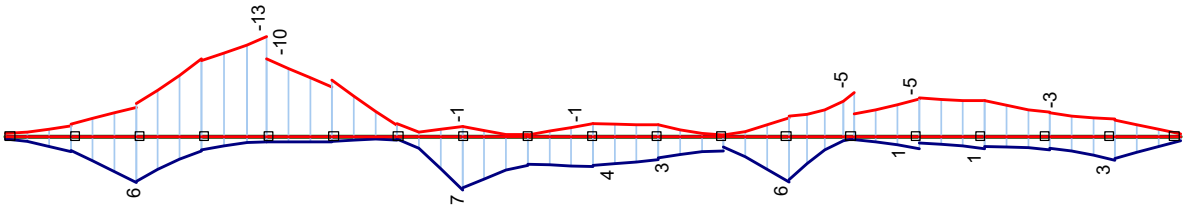
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I



Рам: K_1
Утицаји у греди: max T2= 18 / min T2= -14 kN
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I



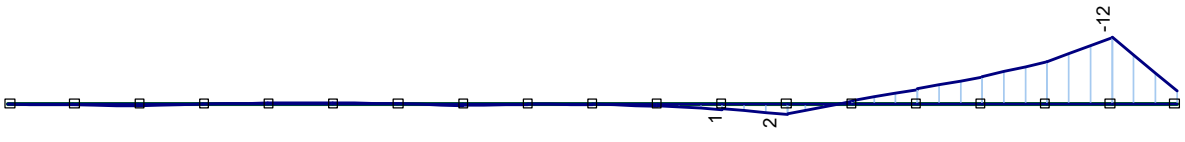
Рам: K_1
Утицаји у греди: max M1= 7 / min M1= -8 kNm
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I



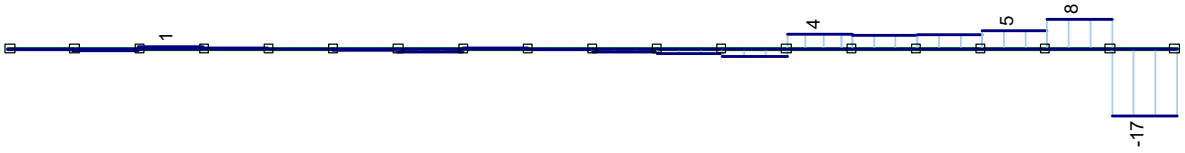
Рам: K_1
Утицаји у греди: max M3= 7 / min M3= -13 kNm

6.1.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

Опт. 4: qfk



Рам: K_1
Утицаји у греди: max M3= 2 / min M3= -12 kNm
Опт. 4: qfk



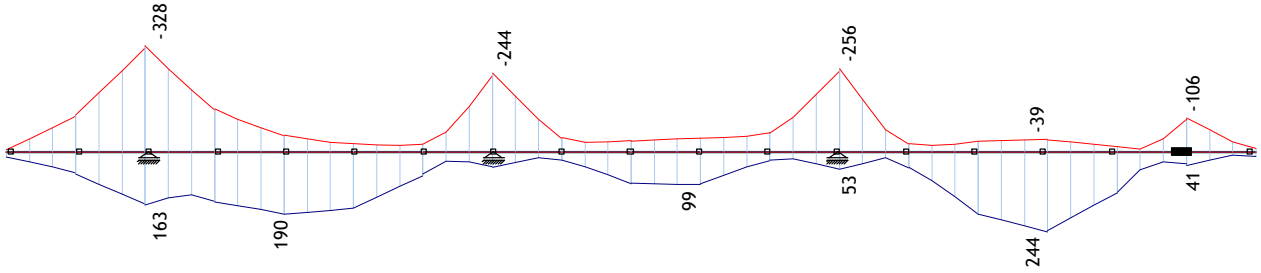
Рам: K_1
Утицаји у греди: max T2= 8 / min T2= -17 kN

6.1.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту $Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$

Лева конструкција – Left structure

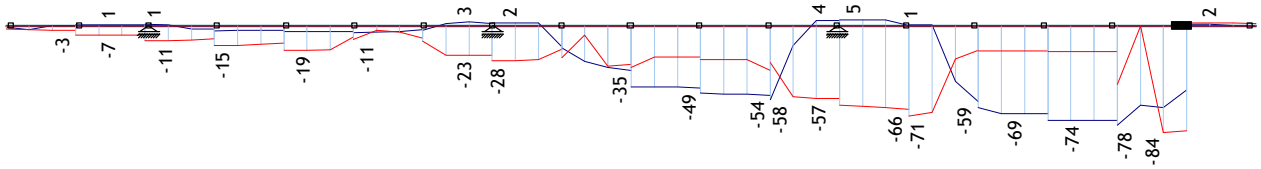
Утицај за extr M3 услед QAd+0.8(1)Qv,1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_4
Утицаји у греди: max M3= 244 / min M3= -328 kNm

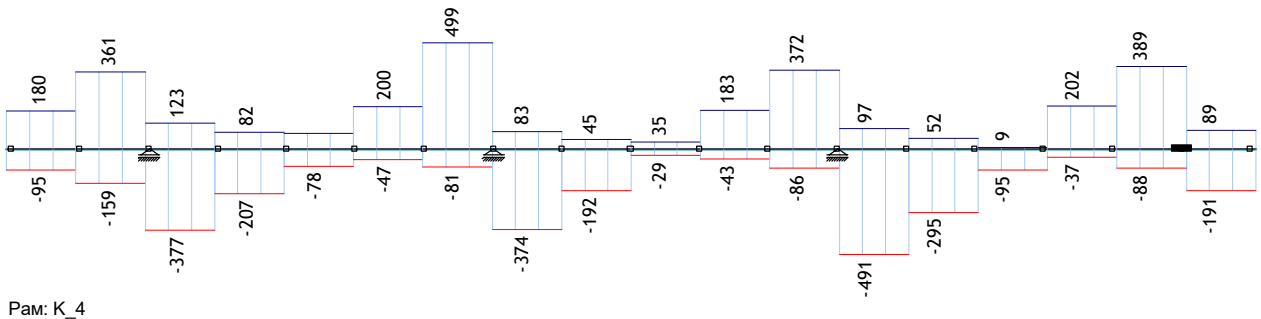
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



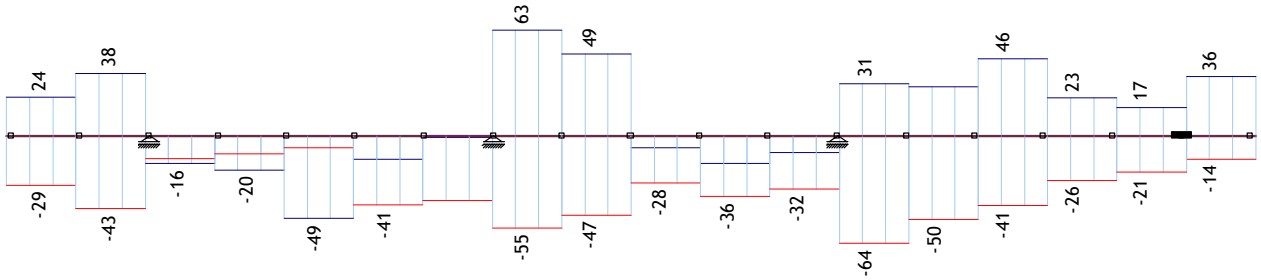
Рам: K_4
Утицаји у греди: max N1= 5 / min N1= -84 kN

Утицај за extr T2 услед $Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



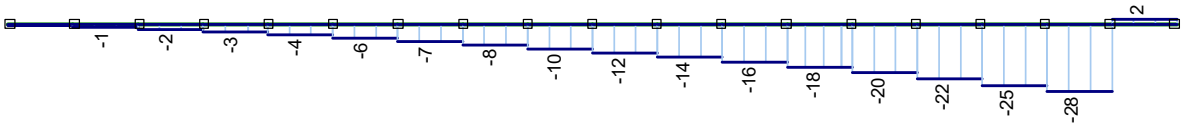
Рам: K_4
Утицаји у греди: max T2= 499 / min T2= -491 kN
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



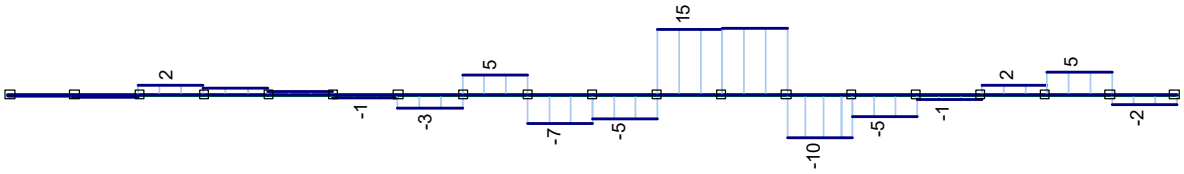
Рам: K_4
Утицаји у греди: max M1= 63 / min M1= -64 kNm

6.1.9 Оптерећење ветром $F_{w,train}$

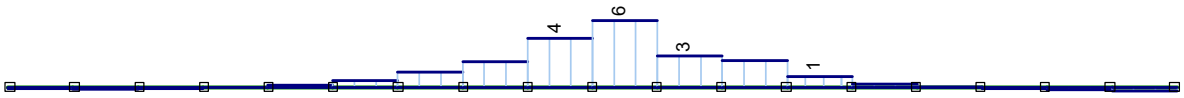
Опт. 5: Fw,train



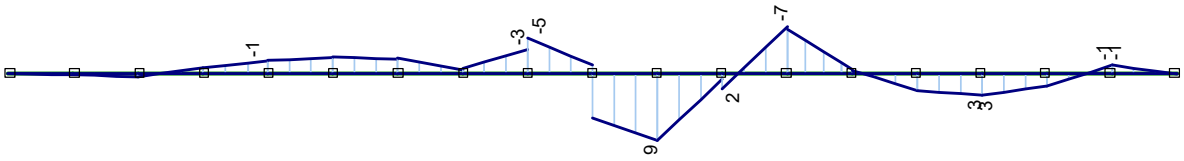
Рам: K_1
Утицаји у греди: max N1= 2 / min N1= -28 kN
Опт. 5: Fw,train



Рам: K_1
Утицаји у греди: max T2= 15 / min T2= -10 kN
Опт. 5: Fw,train



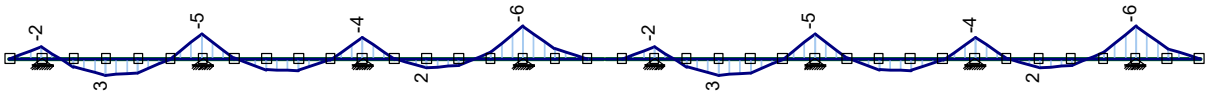
Рам: K_1
Утицаји у греди: max M1= 6 / min M1= -0 kNm
Опт. 5: Fw,train



Рам: K_1
Утицаји у греди: max M3= 9 / min M3= -7 kNm

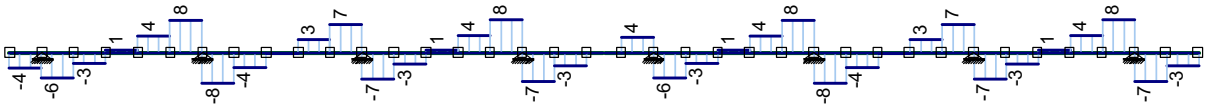
6.1.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing

Опт. 3: izdizanje lezista C1



Утицаји у греди: max M3= 3 / min M3= -6 kNm

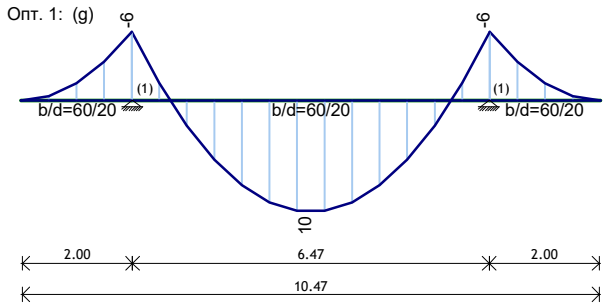
Опт. 3: izdizanje lezista C1



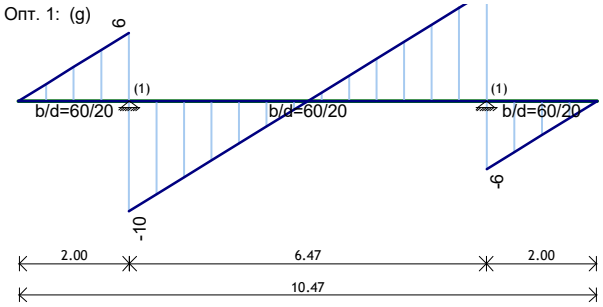
Утицаји у греди: max T2= 8 / min T2= -8 kN

6.2 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У СРЕДЊИМ ОСЛОНАЧКИМ НОСАЧИМА / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN MID CROSS GIRDERS

6.2.1 Фаза монтаже доњег дела носача / Erection of the lower part of the girder



Утицаји у греди: max M3= 10 / min M3= -6 kNm



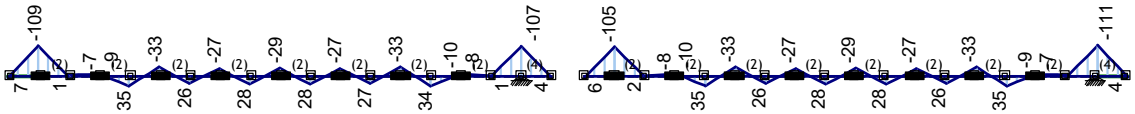
Утицаји у греди: max T2= 10 / min T2= -10 kN

Статички утицаји у фази монтаже нису меродавни за димензионисање. Усвојена арматура имаће довољну носивост и за фазу монтаже доњег дела носача.

Internal forces and moments at the erection phase are not relevant for dimensioning. The adopted reinforcement will have sufficient load-bearing capacity for the erection phase of the lower part of the cross girder.

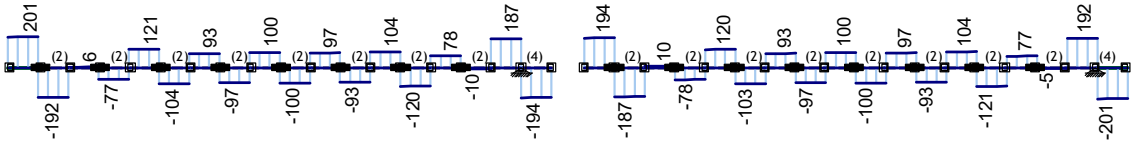
6.2.2 I фаза - тежина челика и свежег бетона $G_{k,1}$

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



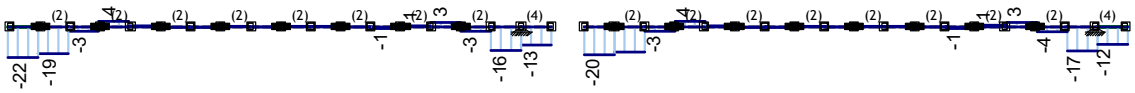
Утицаји у греди: max M3= 36 / min M3= -111 kNm

Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



Утицаји у греди: max T2= 201 / min T2= -201 kN

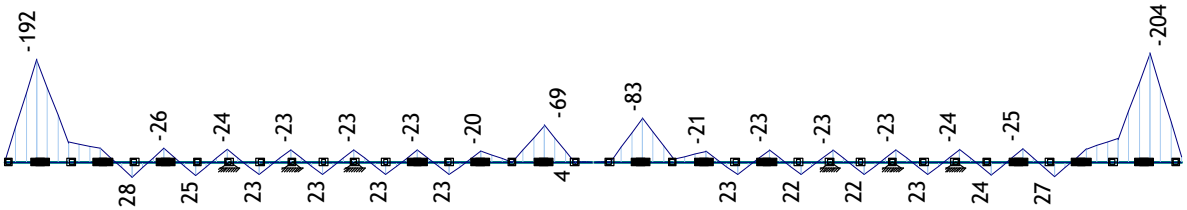
Опт. 3: Gk1 - gcelik+gbeton



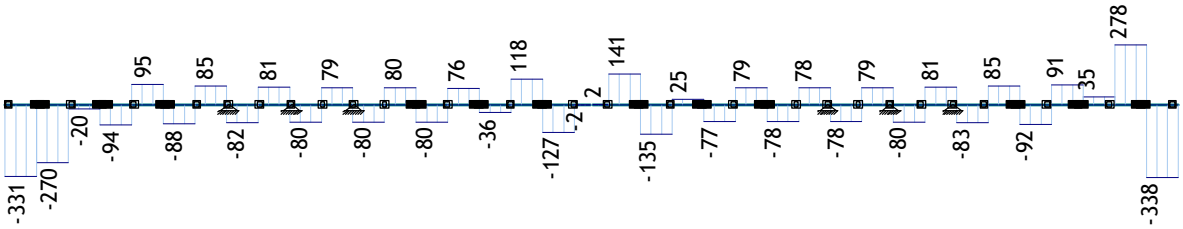
Утицаји у греди: max M1= 4 / min M1= -22 kNm

6.2.3 II фаза - Стални терет $G_{k,2}$

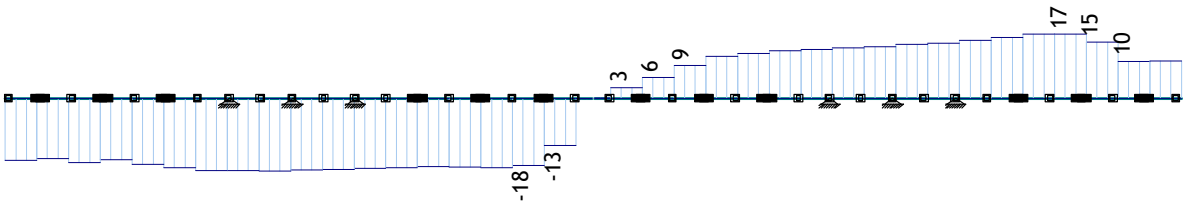
Опт. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Утицаји у греди: max M3= 28 / min M3= -204 kNm
Опт. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Утицаји у греди: max T2= 278 / min T2= -338 kN
Опт. 2: Gk2 - stalni teret +30%



Утицаји у греди: max M1= 17 / min M1= -19 kNm

6.2.4 Саобраћајно оптерећење, шеме LM71, SW/0 и SW/2 - $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_{v1} + \alpha \cdot Q_{tk}$

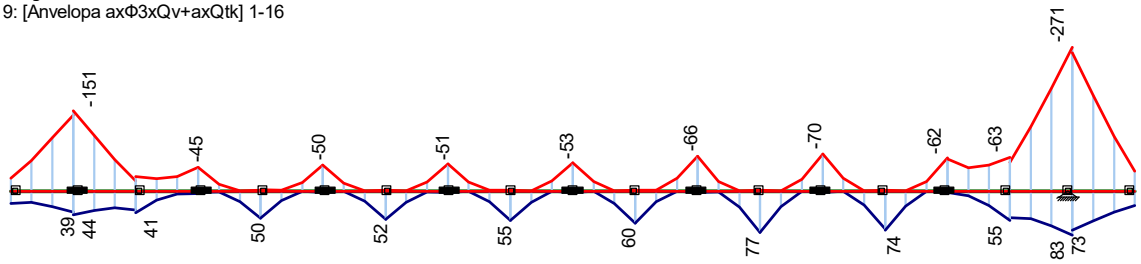
Статички утицаји услед вертикалног саобраћајног оптерећења одређени су у роштиљном систему са динамичким коефицијентом главног носача Ф3=1.26, и приказани на дијаграмима испод. Динамички коефицијент за ослоначке попречне ноаче износи Ф3=2.003, стога ће приказани статички утицаји бити увећани коефицијентом k=2.003/1.261=1.588.

Internal forces due to vertical traffic load were determined in a grill system with a dynamic factor of the main girder Ф3=1.26, and shown in the diagrams below. The dynamic coefficient for supporting cross girders is Ф3=2.003, therefore the shown internal forces will be increased by the coefficient k=2.003/1.261 = 1.588.

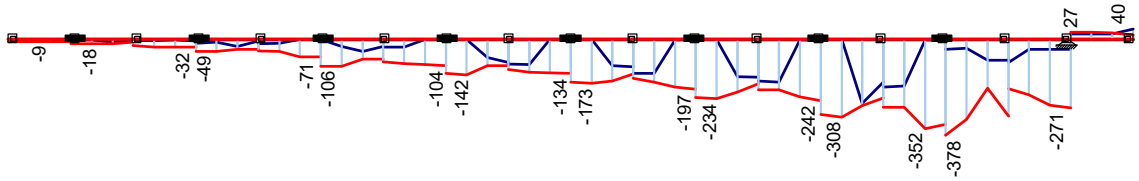
Лева конструкција – Left structure

Утицај за extr M3

Опт. 19: [Anvelopa axФ3xQv+axQtk] 1-16



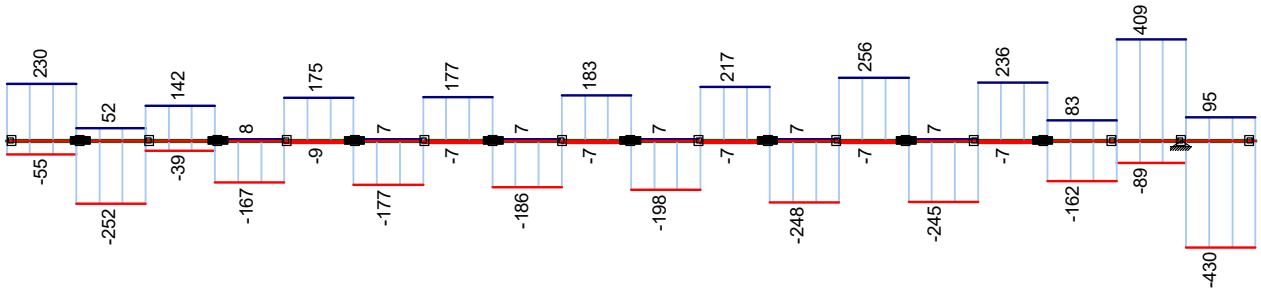
Рам: K_2
Утицаји у греди: max M3= 83 / min M3= -271 kNm
Опт. 19: [Anvelopa axФ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_2
Утицаји у греди: max N1= 40 / min N1= -378 kN

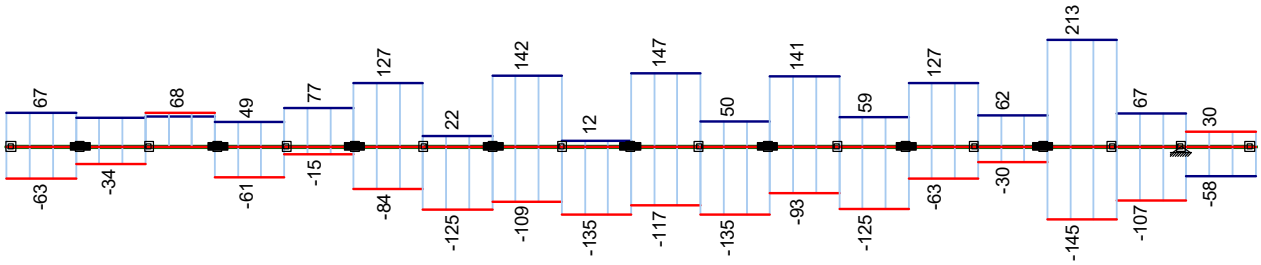
Утицај за extr T2

Опт. 19: [Anvelopa axФ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_2
Утицаји у греди: max T2= 409 / min T2= -430 kN

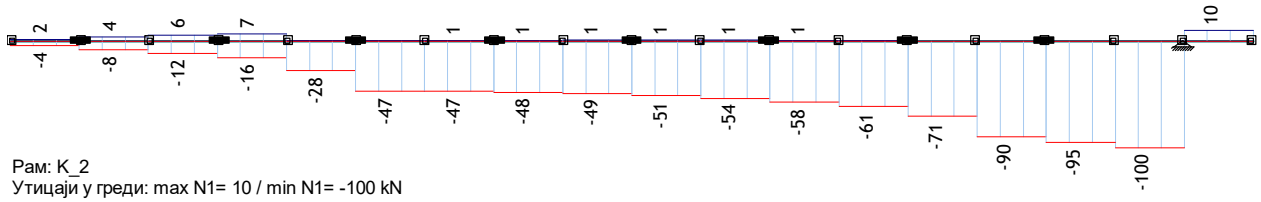
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_2
Утицаји у греди: max M1= 213 / min M1= -145 kNm

6.2.5 Сила бочног удара 0.5·α·Qsk

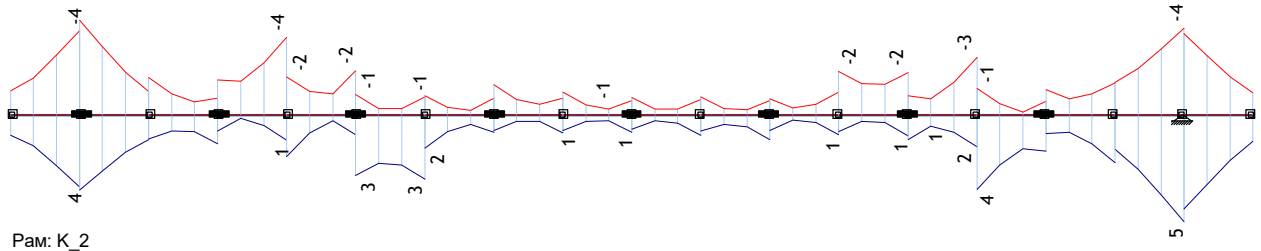
Опт. 6: I+II



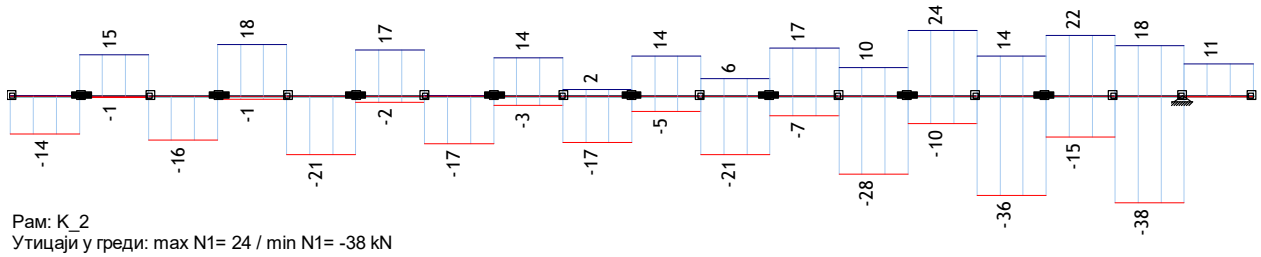
Рам: K_2
Утицаји у греди: max N1= 10 / min N1= -100 kN

6.2.6 Силе од кочења и покретања воза Qlak, Qlbk

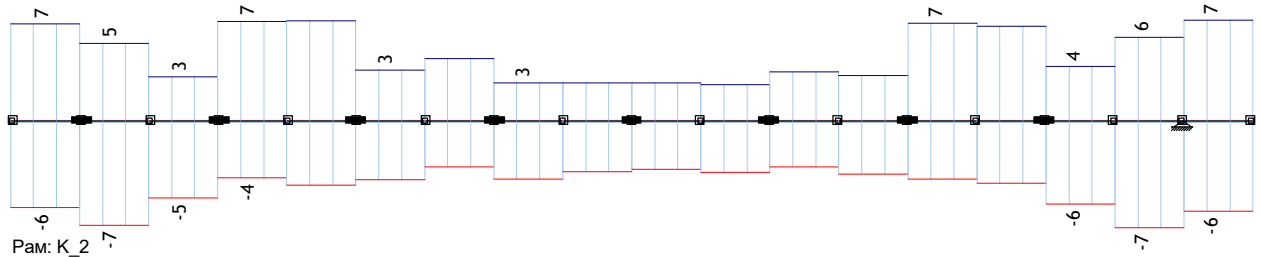
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I



Рам: K_2
Утицаји у греди: max M3= 5 / min M3= -5 kNm
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I

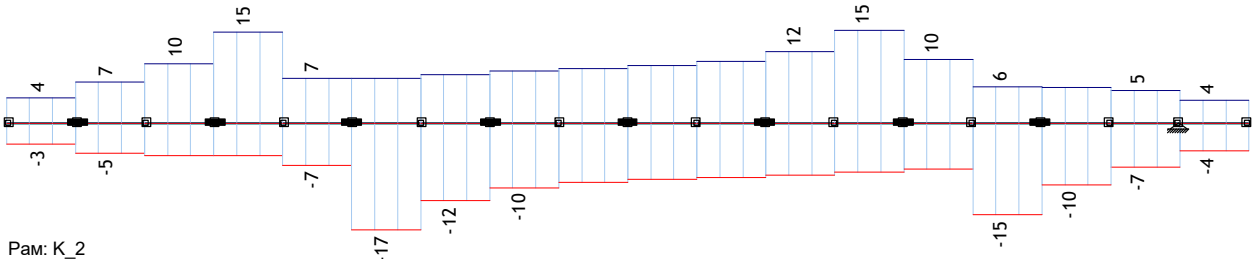


Рам: K_2
Утицаји у греди: max N1= 24 / min N1= -38 kN
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I



Рам: K_2
Утицаји у греди: max T2= 7 / min T2= -7 kN

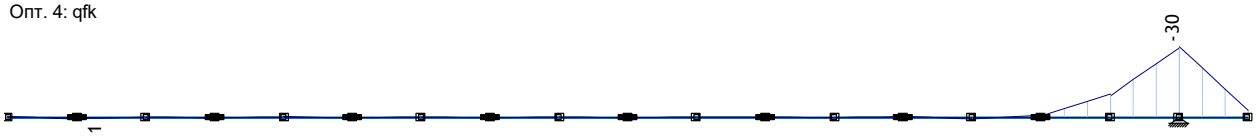
Опт. 3: axQlak SW0 II + Qlbk SW2 I



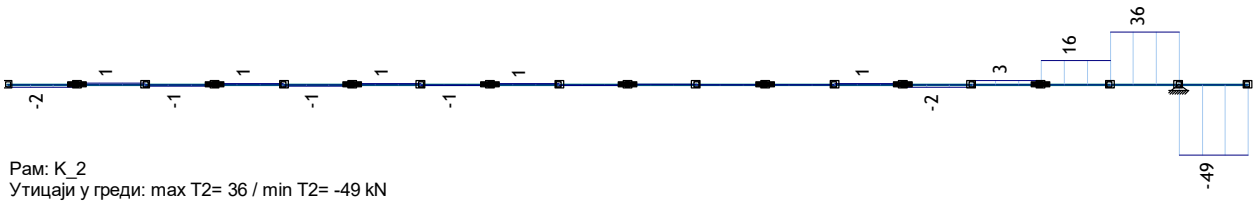
Рам: K_2
Утицаји у греди: max M1= 15 / min M1= -17 kNm

6.2.7 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

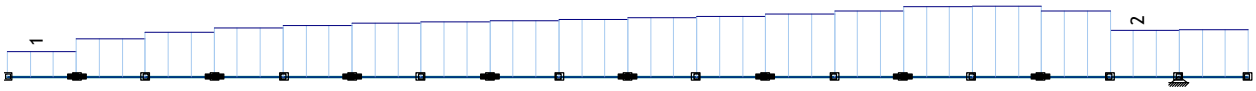
Опт. 4: qfk



Рам: K_2
Утицаји у греди: max M3= 1 / min M3= -31 kNm
Опт. 4: qfk



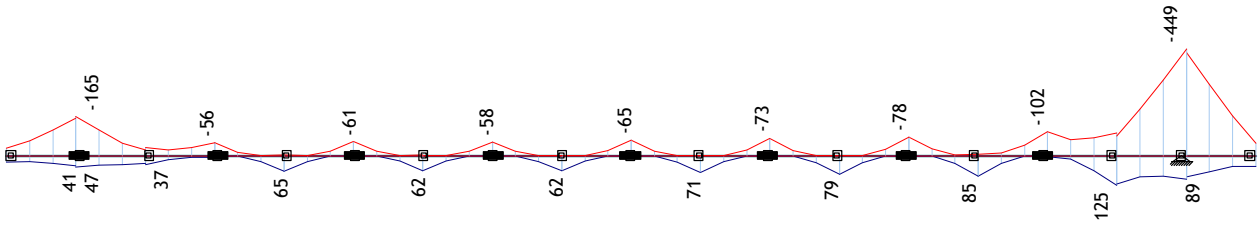
Рам: K_2
Утицаји у греди: max T2= 36 / min T2= -49 kN
Опт. 4: qfk



Рам: K_2
Утицаји у греди: max M1= 4 / min M1= 1 kNm

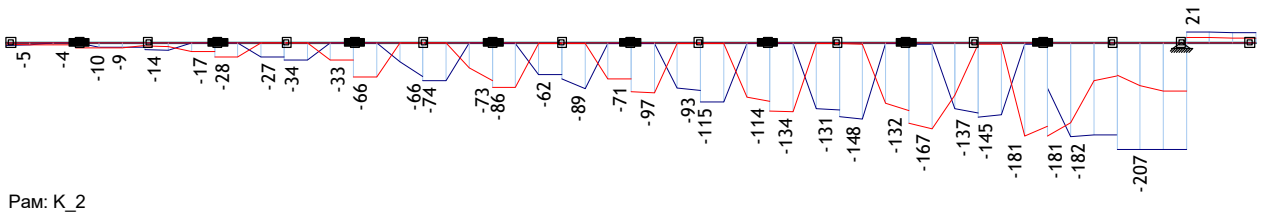
6.2.8 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту A_d

Опт. 22: V+X

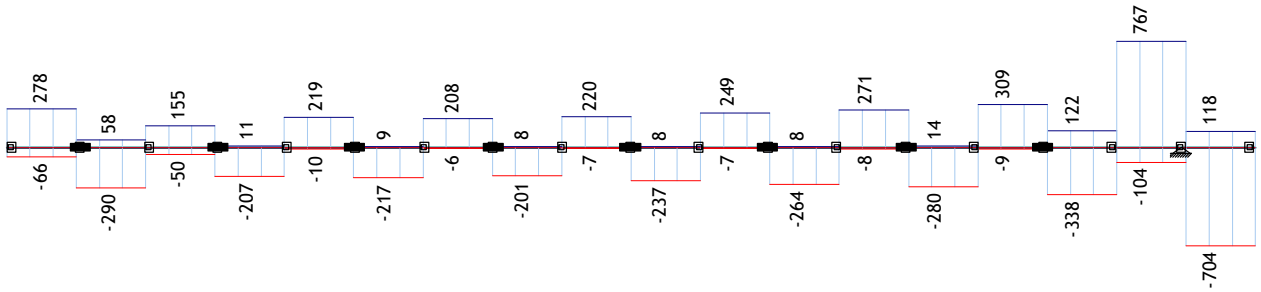


Рам: K_2
Утицаји у греди: max M3= 125 / min M3= -449 kNm

Опт. 22: V+X



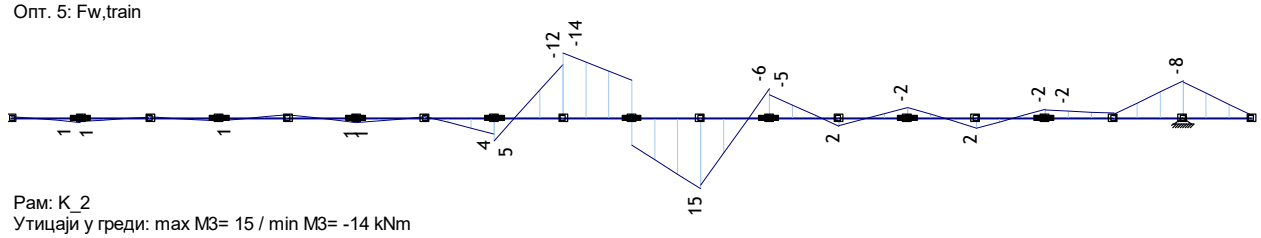
Рам: K_2
Утицаји у греди: max N1= 21 / min N1= -207 kN
Опт. 22: V+X



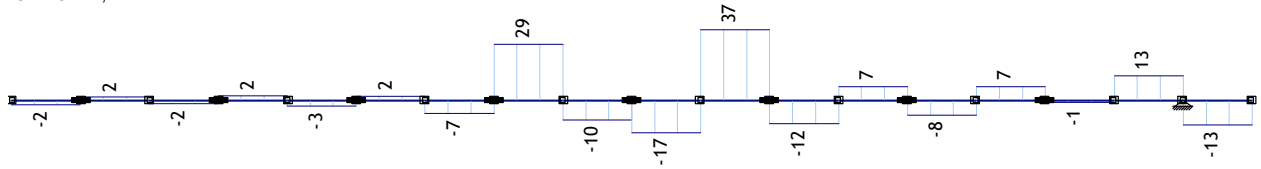
Рам: K_2
Утицаји у греди: max T2= 767 / min T2= -704 kN

6.2.9 Оптерећење ветром $F_{w,\,train}$

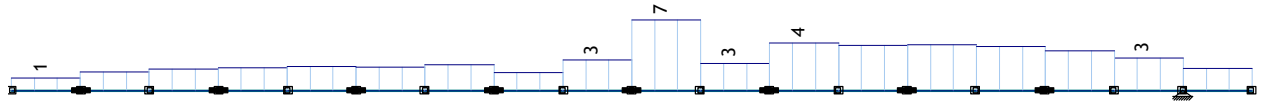
Опт. 5: Fw,train



Рам: K_2
Утицаји у греди: max M3= 15 / min M3= -14 kNm
Опт. 5: Fw,train



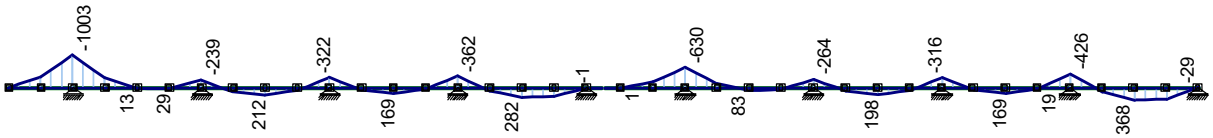
Рам: K_2
Утицаји у греди: max T2= 37 / min T2= -17 kN
Опт. 5: Fw,train



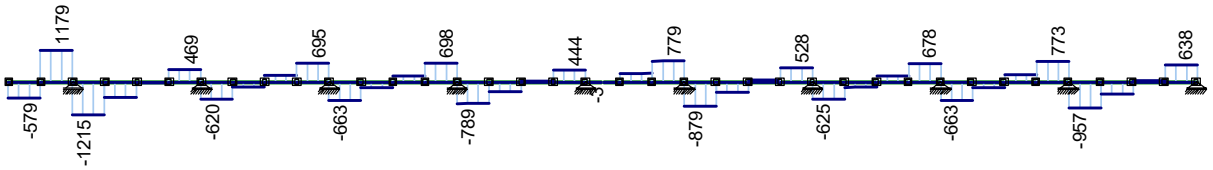
Рам: K_2
Утицаји у греди: max M1= 7 / min M1= 1 kNm

6.2.10 Конструкција на привременим ослонцима приликом замене лежишта / Construction on temporary supports due to bearing replacing

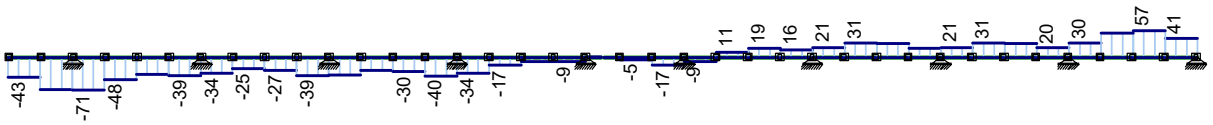
Опт. 4: 1.35(Gk1+Gk2)+1.5odizanje



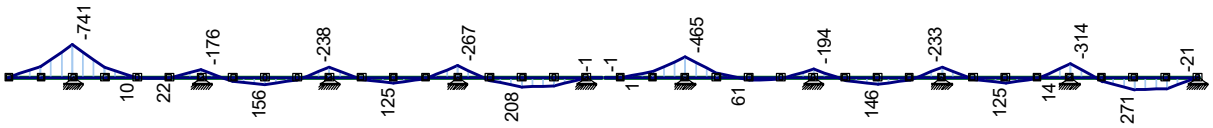
Утицаји у греди: max M3= 368 / min M3= -1003 kNm
Опт. 4: 1.35(Gk1+Gk2)+1.5odizanje



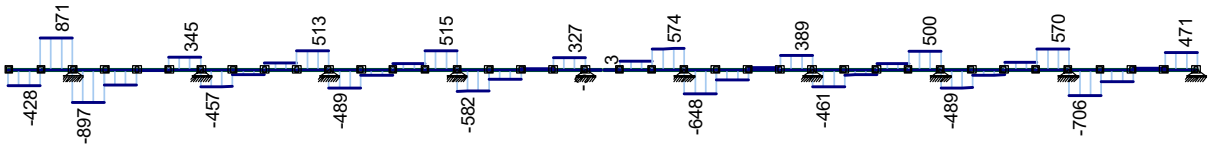
Утицаји у греди: max T2= 1179 / min T2= -1215 kN
Опт. 4: 1.35(Gk1+Gk2)+1.5odizanje



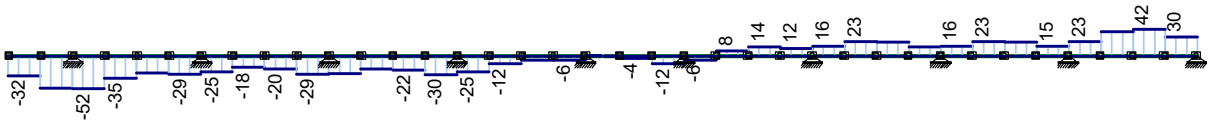
Утицаји у греди: max M1= 57 / min M1= -71 kNm
Опт. 5: 1.0(Gk1+Gk2)+1.0odizanje



Утицаји у греди: max M3= 271 / min M3= -741 kNm
Опт. 5: 1.0(Gk1+Gk2)+1.0odizanje



Утицаји у греди: max T2= 871 / min T2= -897 kN
Опт. 5: 1.0(Gk1+Gk2)+1.0odizanje



Утицаји у греди: max M1= 42 / min M1= -52 kNm

6.3 ГРАНИЧНО СТАЊЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости и контролу граничних стања употребљивости.

	Ослоначки - ослонац				**Ослоначки** - поље			
	N1	extr M3	extr T2	extr M1	N1	M3	extr T2	extr M1
сл. оптерећ.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
G_{k1}		-79	-108	-7		38	-108	-2
$m_{t,konzola}$		-13	-7					
G_{k2}		-133	-109	17		21	-59	3
$\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk}$	-8	-244	-292	48	-167	128	-340	60
$k\cdot(\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk})$	-13	-387	-464	76	-265	203	-540	95
$0.5\cdot\alpha\cdot Q_{sk}$	5				106			
$\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$	5	-6	-18	5	17	5	-17	7
q_{fk}		-12	-17					
F_w	28	-7	-15	2	16	9	-15	
$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$	-11	-328	499	0	-69	244	-491	-64
G_{k1}		-92	83	-1		38	-108	-2
G_{k2}		-133	19	11		21	-59	3
одизање 1cm		-6	-8			3	-8	
ком. оптерећ.	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
1.1.2	***28***	***-897***	***-1038***	***134***	***-188***	***392***	***-1050***	***150***
1.3.1	-11	-553	601	10	-69	303	-658	-63
2.1.3	**20**	**-633**	-730	93	-129	274	-736	103
2.3.1	0	-225	-224	10		59	-167	1
одизање ULS		-313	-314	14		84	-237	1
одизање SLS		-231	-232	10		62	-175	1

	Средњи - ослонац				**Средњи** - поље			
	N1	extr M3	extr T2	extr M1	N1	M3	extr T2	extr M1
сл. оптерећ.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
G_{k1}		-111	-201	-12		35	192	-17
$m_{t,konzola}$		-15	-14	3		3	13	3
G_{k2}		-192	-317	10		23	258	15
$\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk}$	27	-271	-430	30	-176	74	409	67
$k\cdot(\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk})$	43	-430	-683	48	-279	118	649	106
$0.5\cdot\alpha\cdot Q_{sk}$	100							
$\alpha\cdot Q_{lak(lbk)}$	18	-4	-7	5	24	4	7	6
q_{fk}		-30	-49	2			36	2
F_w		-8	-13	3		2	13	3
$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$	10	-449	-704	5	-182	125	767	178
G_{k1}								
G_{k2}								
одизање 1cm		-19	-26			9	-24	
ком. оптерећ.	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}	N_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}	T_{Ed}
	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]
1.1.2	***233***	***-1104***	***-1792***	***83***	***-370***	***261***	***1635***	***170***
1.3.1	10	-767	-1236	6	-182	186	1230	179
2.1.3	161	-781	-1269	58	-255	184	1157	117
2.3.1	0	-318	-532	1	0	61	463	1
одизање ULS								
одизање SLS		-1003	-1215	-71		***368***	***-957***	***57***

Минимална и максимална површина подужне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \qquad A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c$$

Минимална потребна арматура за смицање (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2(5))

$$A_{sw} = \rho_{sw,min} \cdot s \cdot b_w \cdot sin\alpha = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot s \cdot b_w \cdot sin\alpha = 3 \cdot 10^{-3} \cdot s \cdot b_w \cdot sin\alpha$$

Ослоначки попречни носач

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{50} \cdot 30 \cdot 113 = 5.64cm^2$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 3390 = 136cm^2$$

$$A_{sw} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{3.5}}{50} \cdot s \cdot 30 \cdot 1 = 0.09 \cdot s$$

Средњи попречни носач

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{0.32}{50} \cdot 30 \cdot 93 = 4.64cm^2$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot 2790 = 112cm^2$$

$$A_{sw} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{3.5}}{50} \cdot s \cdot 60 \cdot 1 = 0.18 \cdot s$$

6.3.1 Носивост пресека на савијање / Design resistance for bending

Потребна површина подужне арматуре за пријем утицаја торзије може се одредити из израза (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.3.2(3)):

The required cross-sectional area of the longitudinal reinforcement for torsion ΣAsl may be calculated from expression (SRPS EN 1992-1-1, 6.3.2 (3)):

$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta$ Ову арматуру треба распоредити по обиму пресека

Додатна сила затезања у подужној арматури, ΔF_{td} услед смичуће силе V_{Ed}, може се одредити из израза (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.2.3(7)):

The additional tensile force, in the longitudinal reinforcement due to shear may be calculated from:

$$\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} (\cot\theta - \cot\alpha)$$

6.3.1.1 Крајњи ослоначки попречни носач / End cross girders

Арматура у горњој зони / Reinforcement in the upper zone

I фаза / I Phase

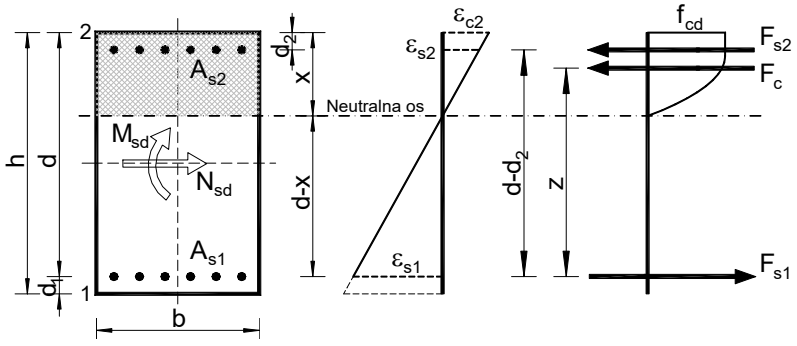
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(79+13) = 124kNm

b	60,00	cm
h	40,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	34,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	124,00	kNm
N_{sd}	0,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	2,02	‰
M_{sds}	124,00	kNm
$M_{Rd,lim}$	218,57	kNm
μ_{sd}	0,090	
Jednostruko armiranje		
ω	9,592	%
ρ	0,439	%
ξ	0,168	
ζ	0,937	
A_{s1}	8,95	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 5,72 cm

*Усваја се арматура **5Ø20** ($A=15.7cm^2$)*

II фаза / II Phase

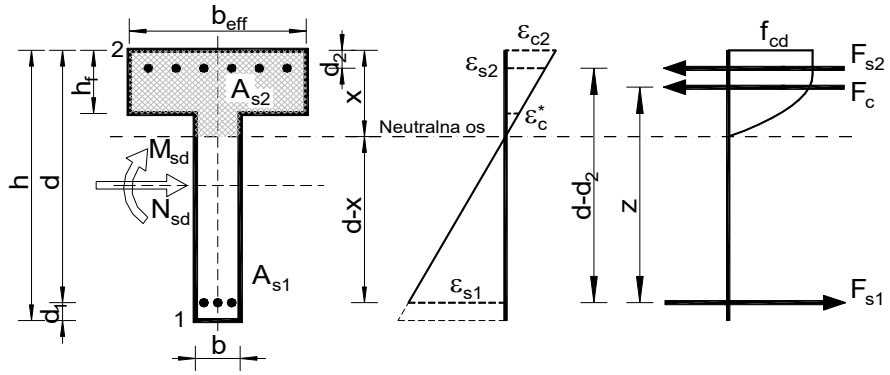
Меродавни утицаји:

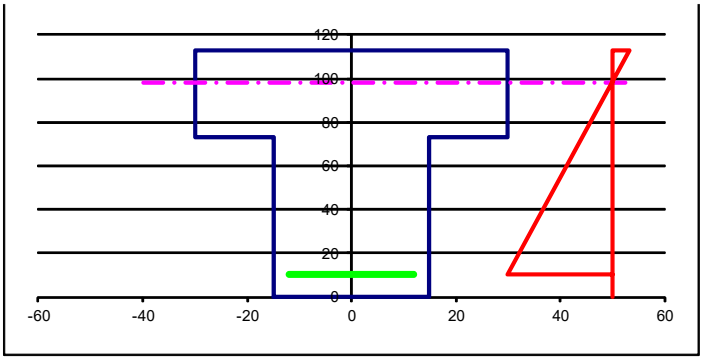
M_{Ed}=-897kNm N_{Ed}=28kN V_{Ed}=1038kN T_{Ed}=134kNm

b	30.00	cm
b_{eff}	60.00	cm
h	113.00	cm
h_f	40.00	cm
d_1 (d_2)	10.00	cm
d	103.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	897.00	kNm
N_{sd}	-28.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	1.70	‰
M_{sds}	883.98	kNm
$M_{Rd,lim}$	2005.93	kNm
μ_{sd}	0.071	
b_i	60.00	cm
Jednostruko armiranje		
ω	7.493	%
ρ	0.348	%
ξ	0.145	
x	14.93	cm
ζ	0.947	
A_{s1}	21.49	cm^2
A_{s2}	0.00	cm^2

Dimenzioniranje T presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu (Ctrl+Shift+T)

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak





$$\sum A_{sl} = \frac{134 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (20 + 103)}{2 \cdot 20 \cdot 103 \cdot 43.48} \cdot 1 = 18.4 cm^2$$

Усв. 6Ø20($18.84 cm^2$) распоређено обострано по висини пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1038 \cdot 1 / 43.48 = 11.94 cm^2$

Подужна арматура у горњој зони:

*Усваја се арматура **8Ø25** (A=39.28cm^2)*

Арматура у доњој зони / Reinforcement in the bottom zone

I фаза / I Phase

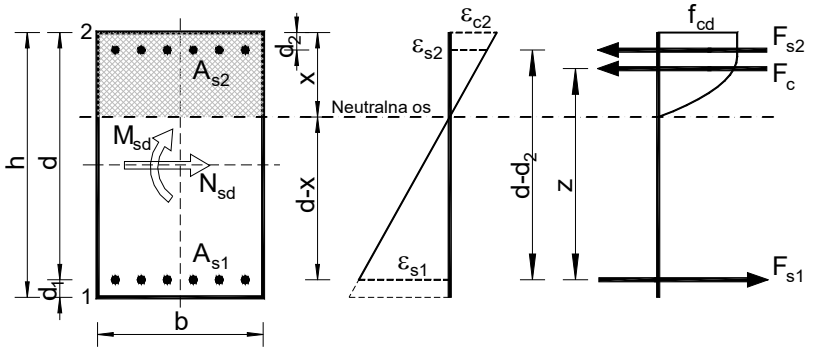
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(38)=51.3kNm

b	60.00	cm
h	40.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	34.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	51.30	kNm
N_{sd}	0.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	1.12	‰
M_{sds}	51.30	kNm
$M_{Rd,lim}$	218.57	kNm
μ_{sd}	0.038	
Jednostruko armiranje		
ω	3.906	%
ρ	0.176	%
ξ	0.101	
ζ	0.964	
A_{s1}	3.60	cm^2
A_{s2}	0.00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 3.43 cm

Сила затезања која се јавља у арматури смештеној у доњој зони услед утицаја из I фазе:

$N^{I}_{Ed,s}=M^{I}_{Ed}/z=51.3\cdot100/(40-6-0.5\cdot3.43)=160kN$

Напон затезања који се услед ове силе затезања јавња у шипкама арматуре смештеним у доњу зону, остаје непромењен и у II фази. Моменат савијања услед G_{k1} који делује на пресек из II фазе:

$M^{II}_{Gk1}=160\cdot101.81/100=163kNm$

II фаза / II Phase

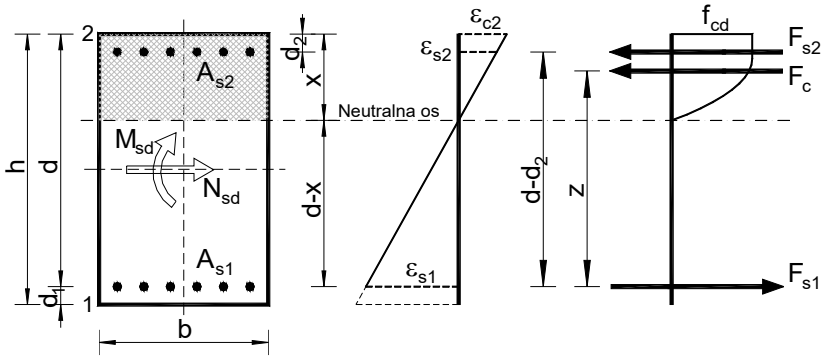
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=163+1.35·21+1.45·(203+5)+1.5·0.75·9=503kNm N_{Ed}=-188kN V_{Ed}=1050kN T_{Ed}=150kNm

b	30.00	cm
h	113.00	cm
d_1 (d_2)	8.50	cm
d	104.50	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	503.00	kNm
N_{sd}	188.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	2.05	‰
M_{sds}	593.24	kNm
$M_{Rd,lim}$	1033.95	kNm

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu (

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



μ_{sd}	0.091				
Jednostruko armiranje					
ω	9.763	%			
ρ	0.307	%			
ξ	0.170		x	17.78	cm
ζ	0.936				
A_{s1}	9.63	cm^2			
A_{s2}	0.00	cm^2			

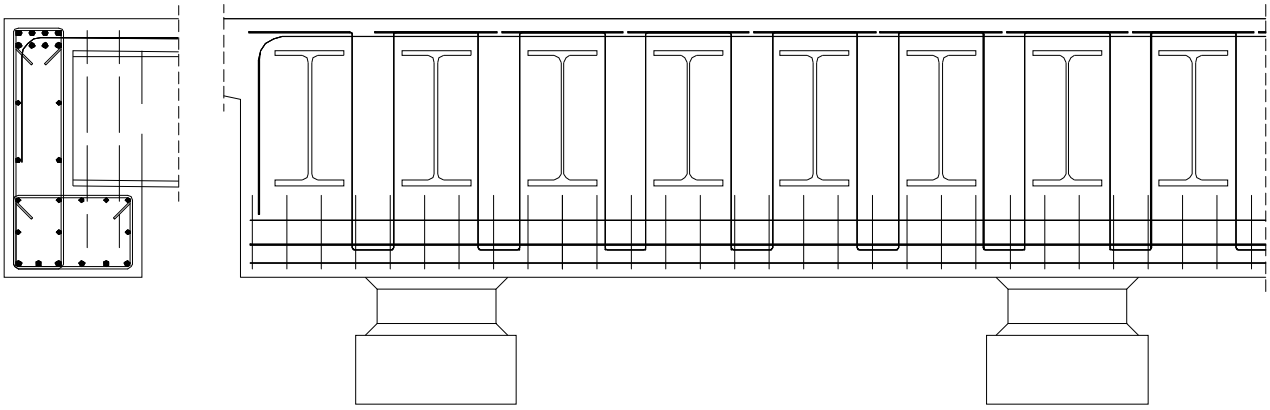
$$\sum A_{sl} = \frac{150 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (20 + 103)}{2 \cdot 20 \cdot 103 \cdot 43.48} \cdot 1 = 20.6cm^2$$

Усв. 6Ø20(18.84cm^2) распоређено обострано по висини пресека + Ø25(4.91cm^2) у доњој зони пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1050 \cdot 1 / 43.48 = 12.1cm^2$

Подужна арматура у доњој зони:

*Усваја се арматура **6Ø25** (A=29.46cm²)*



6.3.1.2 Средњи попречни носач / Mid cross girders

Арматура у горњој зони / Reinforcement in the upper zone

I фаза / I Phase

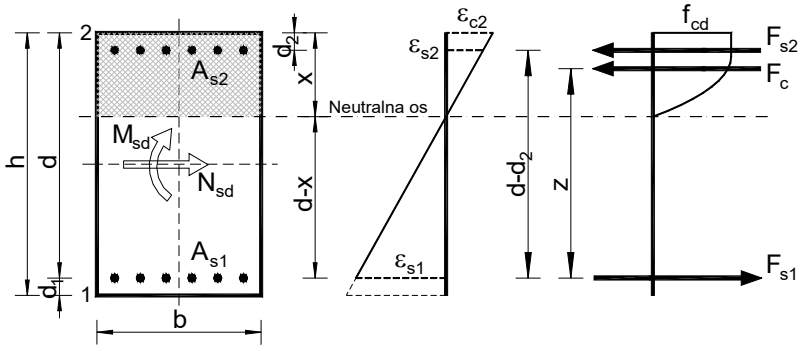
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(-111-15) = -170kNm

b	60.00	cm
h	20.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	14.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	170.00	kNm
N_{sd}	0.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	3.50	‰
M_{sds}	170.00	kNm
$M_{Rd,lim}$	37.06	kNm
μ_{sd}	0.159	
Dvostruko armiranje		
ω	17.840	%
ρ	6.641	%
ξ	0.259	x 3.63 cm
ζ	0.892	
A_{s1}	31.30	cm^2
A_{s2}	24.48	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



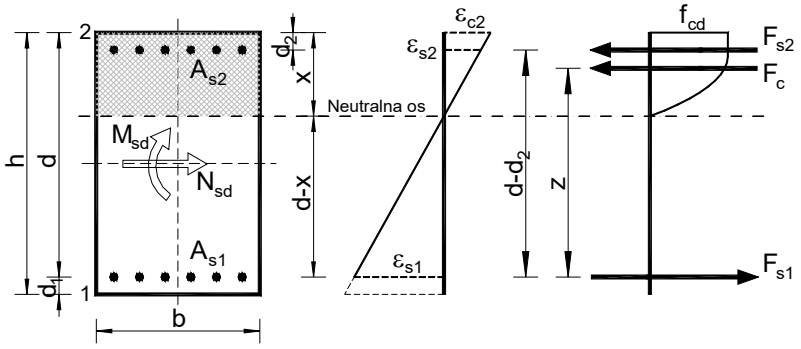
Због опасности од појаве кртог лома услед прекорачења дилатације ε_{cu2}=3.5‰, повећаће ће се висина пресека на 30cm.

ε_{c2}=3.5‰~ε_{cu2}, brittle fracture may occure → the height of the section is increased to 30 cm.

b	60.00	cm
h	30.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	24.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	170.00	kNm
N_{sd}	0.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	3.50	‰
M_{sds}	170.00	kNm
$M_{Rd,lim}$	108.91	kNm
μ_{sd}	0.159	
Dvostruko armiranje		
ω	17.840	%
ρ	1.724	%
ξ	0.259	x 6.22 cm
ζ	0.892	
A_{s1}	18.26	cm^2
A_{s2}	6.56	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



*Усваја се арматура **6Ø20** (A=18.84cm^2)*

Контрола граничне носивости ослоначког пресека

Ulazni podaci					(EN 1992-1-1, 3.1.6)	
C35/45	⇒	f_{ck}=	3.5	kN/cm^2	usv. α_{cc}=	0.85
f_{cd}			1.98	kN/cm^2	γ_c=	1.50
f_y			50	kN/cm^2	(EN 1992-1-1, 2.4.2.4)	
f_{yd}			43.48	kN/cm^2	γ_s=	1.15
Es			20000	kN/cm^2		
Zategnuta armatura						
c			5	cm		
A_s	**6Ø20**		18.84	cm^2		
Pritisnuta armatura						
c_{com}			6	cm		
$A_{s,com}$	**6Ø25**		29.46	cm^2		
Betonska konzolna ploča						
visina **h**			30	cm		
širina nosača **b**			60	cm		
statička visina **d**			25			
c_{com}/d			0.240			
ε_c			3.37351	‰		
ε_{ud}			10	‰		
ξ=x/d			0.252			
$\varepsilon_{s,com}$ (dil. pritisnute armature)			0.164			
koeficijent punoće naponskog dijagrama α_{c1}			0.802			
Unutrašnje sile za jedno rebro glavnog nosača						
$N_{Rd,c}$	*sila pritiska u betonu*		722.6	kN		
$N_{Rd,s,com}$	*sila pritiska u pritisnutoj armaturi*		96.6	kN		
$N_{Rd,s}$	*sila zatezanja u armaturi*		819.13	kN		
RAVNOTEŽA		**ΣN=**	**0.0**			
koeficijent položaja sile ζ			0.413			
z krak sile $N_{Rd,c}$			22.39			
granični moment nosivosti M_{Rd}			180.2	kN/m	> ***M_{Ed}=***	*170* *kNm*

ε_c=3.37‰ < ε_{cu2}=3.5‰

Гранична носивост пресека је задовољена. Дилатација притиска у бетону као и дилатација затезања у затегнутој арматури су ниже од граничних вредности.

The bending resistance of the cross section is satisfied. The strains in concrete and reinforcement are lower than the nominal ultimate strains.

II фаза / II Phase

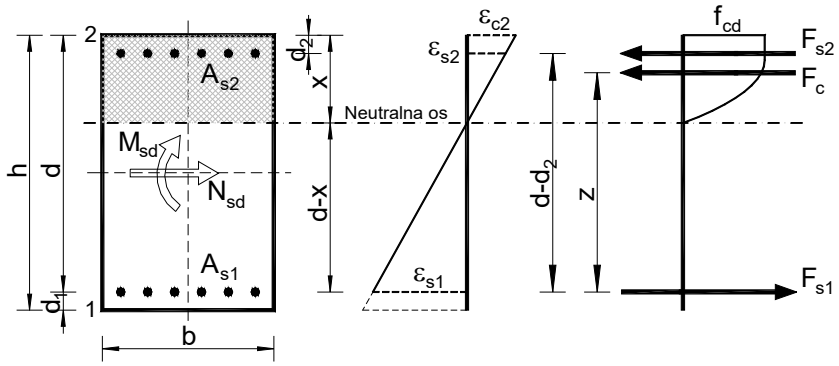
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=-1120kNm N_{Ed}=233kN V_{Ed}=1820kN T_{Ed}=83kNm

b	60,00	cm
h	103,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	97,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	1120,00	kNm
N_{sd}	-233,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	2,02	‰
M_{sds}	1013,99	kNm
$M_{Rd,lim}$	1781,73	kNm
μ_{sd}	0,090	
Jednostruko armiranje		
ω	9,592	%
ρ	0,464	%
ξ	0,168	
ζ	0,937	
A_{s1}	26,98	cm^2
A_{s2}	0,00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x= 16,32 cm < h^{Ifaza}= 30 cm

$$\sum A_{sl} = \frac{83 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 5.87 cm^2$$

Усв. 2Ø20(6.28cm^2) распоређено обострано по висини пресека доње греде

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1820 \cdot 1 / 43.48 = 20.93 cm^2$

Подужна арматура у горњој зони:

*Усваја се арматура **10Ø25** (A=49.10cm^2)*

Арматура у доњој зони / Reinforcement in the bottom zone

I фаза / I Phase

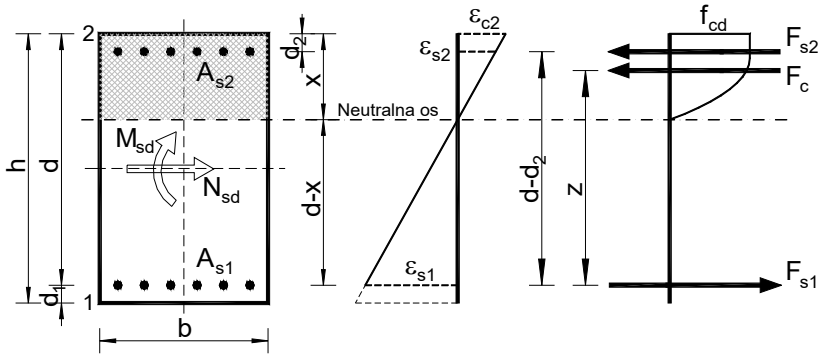
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=1.35(35+3)=51.3kNm

b	60.00	cm
h	30.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	24.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	51.30	kNm
N_{sd}	0.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	1.75	‰
M_{sds}	51.30	kNm
$M_{Rd,lim}$	108.91	kNm
μ_{sd}	0.074	
Jednostruko armiranje		
ω	7.846	%
ρ	0.361	%
ξ	0.149	
ζ	0.945	
A_{s1}	5.20	cm^2
A_{s2}	0.00	cm^2

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 3.57 cm

Сила затезања која се јавља у арматури смештеној у доњој зони услед утицаја из I фазе:

$N^{I}_{Ed,s}=M^{I}_{Ed}/z=51.3\cdot100/(40-6-0.5\cdot3.57)=159kN$

Напон затезања који се услед ове силе затезања јавња у шипкама арматуре смештеним у доњу зону, остаје непромењен и у II фази. Моменат савијања услед G_{k1} који делује на пресек из II фазе:

$M^{II}_{Gk1}=159\cdot92/100=146kNm$

II фаза / II Phase

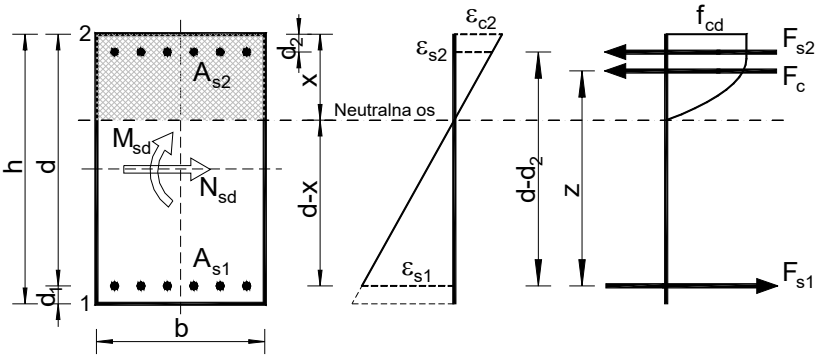
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=146+1.35·28+1.45·(118+4)+1.5·0.75·2=364kNm N_{Ed}=-370kN V_{Ed}=1651kN T_{Ed}=174kNm

b	60,00	cm
h	103,00	cm
d_1 (d_2)	6,00	cm
d	97,00	cm
f_{cd}	1,98	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	364,00	kNm
N_{sd}	370,00	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,31	‰
M_{sds}	532,35	kNm
$M_{Rd,lim}$	1781,73	kNm
μ_{sd}	0,048	

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



Jednostruko armiranje

ω	5,056	%						
ρ	0,080	%						
ξ	0,116		x=	11,25	cm	< c_{st}=	15	cm
ζ	0,959							
A_{s1}	4,66	cm^2						
A_{s2}	0,00	cm^2						

$$\sum A_{sl} = \frac{170 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 12.02cm^2$$

Усв. 2Ø20(6.28cm^2) распоређено обострано по висини пресека доње греде + 2Ø25(9.82cm^2) у доњој зони пресека

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 1635 \cdot 1 / 43.48 = 18.8cm^2$

Подужна арматура у доњој зони:

*Усваја се арматура **6Ø25** (A=29.46cm^2)*

Контрола носача у фази одизања приликом сервисирања и замене лежишта / Lifting phase during servicing and replacement of bearings

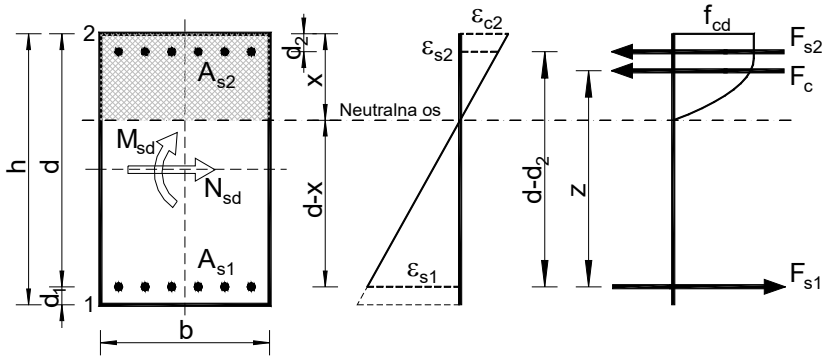
Меродавни утицаји:

M_{Ed}=368kNm V_{Ed}=957kN T_{Ed}=57kNm

b	60.00	cm
h	103.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	97.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm^2
f_{yd}	43.48	kN/cm^2
M_{sd}	367.00	kNm
N_{sd}	0.00	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	1.04	‰
M_{sds}	367.00	kNm
$M_{Rd,lim}$	1781.73	kNm
μ_{sd}	0.033	

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



Jednostruko armiranje

ω	3.437	%						
ρ	0.155	%						
ξ	0.094		x=	9.13	cm	< c_{st}=	14	cm
ζ	0.967							
A_{s1}	9.00	cm^2						
A_{s2}	0.00	cm^2						

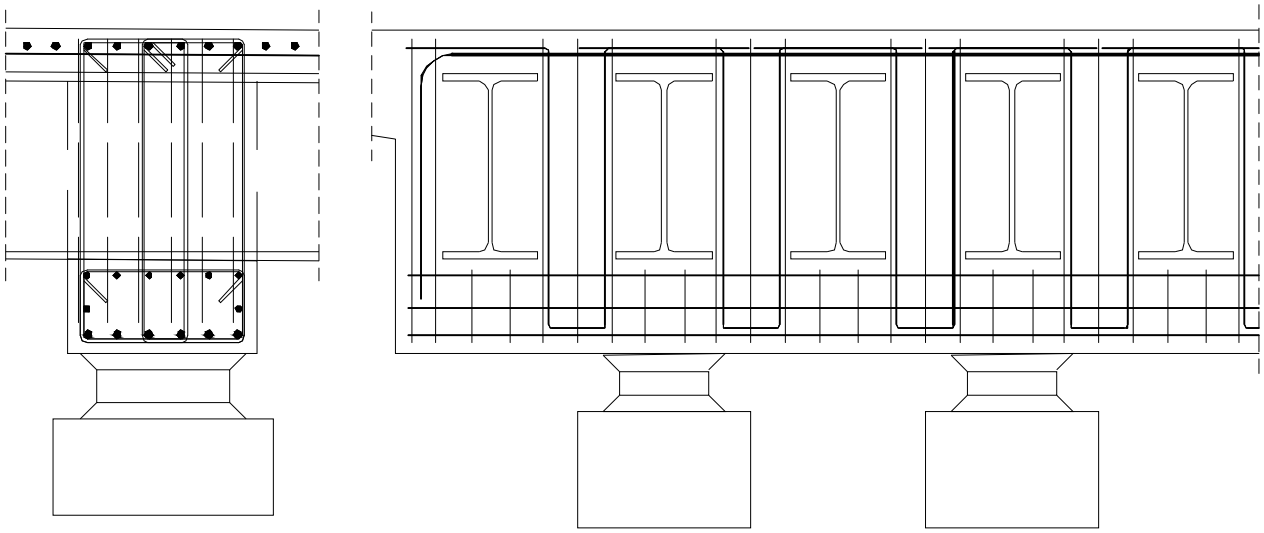
$$\sum A_{sl} = \frac{57 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (50+93)}{2 \cdot 50 \cdot 93 \cdot 43.48} \cdot 1 = 4.03cm^2$$

Усв. 2Ø20(6.28cm^2) распоређено обострано по висини пресека доње греде

$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 0.5 \cdot 957 \cdot 1 / 43.48 = 11cm^2$

Усвојена подужна арматура у доњој зони ***6Ø25*** *(A=29.46cm^2)* има довољну носивост за пријем утицаја приликом интервенција на сервисирању и замени лежишта, када је конструкција ослоњена на привремене ослонце/пресе које кострукцију издигну за 1cm како би се ослободила лежишта.

The adopted longitudinal reinforcement in the bottom zone 8Ø25 (A = 39.28cm2) has sufficient bearing capacity.



6.3.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design resistance for shear and torsion

6.3.2.1 Ослоначки попречни носач / End sross girders

Меродавни утицаји:

I фаза	II фаза
V_{Ed}=1.35·(108)=146kN	N_{Ed}=-188kN V_{Ed}=1050-146=904kN T_{Ed}=150kNm

Контрола пресека на смицање - I фаза / Shear resistance I Phase

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1,5

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0,12

h= 400 mm

a= 60 mm

d= 340 mm

b_w= 600 mm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1,767

A_{sl}= 29,46 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0,0144

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0,15

V_{Ed}= 146 kN

N_{Ed}= 0 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$ = 19,833 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$ = 0,00 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$ = 3,97 Mpa

→ σ_{cp}< 0,00 Mpa

$V_{Rd,c}$= 188,15 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,4863

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 116,7 kN

→$V_{Rd,c}$= 188,2 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 188,2 kN

НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

$minA_{sw} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 60 \cdot 1$ =2.70cm²

*усвајају се узенгије **Ø10/15** (3.14cm²)*

Контрола пресека на смицање - II фаза / Shear resistance II Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45)

γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1,5

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0,12

h= 1130 mm

a= 60 mm

d= 1070 mm

b_w= 300 mm

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1,432

A_{sl}= 29,46 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0,0092

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0,15

V_{Ed}= 904 kN

N_{Ed}= 188 kN

f_{cd}= $\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$= 19,833 Mpa

σ_{cp}= N_{ed}/A_c= 0,55 Mpa

σ_{cp}< $0.2f_{cd}$= 3,97 Mpa

→ σ_{cp}< 0,55 Mpa

$V_{Rd,c}$= 213,42 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,355

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 148,5 kN

→$V_{Rd,c}$= 213,4 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 213,4 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

усвајају се узенгије ***Ø10/15***

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

	α=	90	
	θ=	45	
	ctgθ=	1.000	$1 \le ctg\,\theta \le 2{,}5$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} ctg\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (c$$

	A_{sw}=	3.14	cm^2
	s=	15	cm
ν_1=ν=		0.516	
B500B	γ_s=	1.15	
	f_{ywd}=	434.783	MPa
	$V_{Rd,s}$=	701.176	kN

α_{cw}=	1	→$V_{Rd,s}$=	701.2 kN
$V_{rd,max}$=	2956.6	→$V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$=	701.2 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ДОДАТНА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

Део силе који се не може прихватити узенгијама Ø10/15 прихватају вертикалне вешаљке смештене између челичних носача.

$$A_{sw,pot} = \frac{(V_{Ed} - V_{Rd,s}) \cdot s_w}{z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot\theta + \cot\alpha) \cdot \sin\alpha} = \frac{(904 - 701) \cdot 18}{0.9 \cdot 107 \cdot 0.8 \cdot 43.48 \cdot (1+0) \cdot 1} = 1.09 cm^2$$

*усвајају се две шипке **Ø12/18**($2.26cm^2$)*

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s} + \frac{A_{s,w} \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s_w} \le \frac{0.5 \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\sin\alpha}$$

$$\frac{3.14 \cdot 0.8 \cdot 43.48}{30 \cdot 15} + \frac{2.26 \cdot 0.8 \cdot 43.48}{30 \cdot 18} = 0.388 < \frac{0.5 \cdot 1 \cdot 0.516 \cdot 1.98}{\sin 90} = 0.51$$

Торзиони моменат прихватају узенгије Ø10/15 смештене у доњу греду попречног носача.

$$T_{Rd} = \frac{A_s \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yd}}{s \cdot tg\theta} = \frac{3.14 \cdot 2 \cdot 30 \cdot 50 \cdot 43.48}{15 \cdot 1 \cdot 100} = 273 cmkNm > T_{Ed} = 150 kNm$$

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot \nu \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot A_k \cdot t_{ef} \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta = 2 \cdot 0.6 \cdot 1 \cdot 1.98 \cdot 103 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 0.707^2 / 100 = 306 kNm$$

Пресек изложен смичућим силама и моментима торзије мора задовољити услов:
The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed} / T_{Rd,max} + V_{Ed} / V_{Rd,max} = 150/306 + 1050/2957 = 0.85 < 1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

Контрола смицања на контакту старог и новог бетона:
Control of shear at the interface between concrete cast at different times:

$$v_{Ed} = 904/(101 \cdot 60) = 0.149 kN/cm^2 < v_{Rdi} = 0.2 \cdot 0.146 + \frac{3.14 + 4.52}{18 \cdot 60} \cdot 43.48 \cdot (0.6 \cdot 1 + 0) = 0.214 kN/cm^2$$

6.3.2.2 Средњи попречни носач / Mid cross girders

Меродавни утицаји:

I фаза	II фаза
V_{Ed}=1.35·(201+14)=290kN	N_{Ed}=233kN V_{Ed}=1820kN T_{Ed}=83kNm

Контрола пресека на смицање - I фаза / Shear resistance I Phase

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1.5

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0.12

h= 300 mm

a= 60 mm

d= 240 mm

b_w= 600 mm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1.913

A_{sl}= 18.84 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0.0131

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0.15

V_{Ed}= 209 kN

N_{Ed}= 0 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$ = 19.833 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$ = 0.00 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$ = 3.97 Mpa

→ σ_{cp}< 0.00 Mpa

$V_{Rd,c}$= 147.82 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0.5478

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 98.6 kN

→$V_{Rd,c}$= 147.8 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 147.8 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

$minA_{sw} = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 12.5 \cdot 60 \cdot 1$ =2.25cm^2

*усвајају се четворосечне узенгије **Ø10/12.5** (6.28cm^2)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α=	90	
θ=	45	
ctgθ=	1.000	$1 \le \mathrm{ctg}\,\theta \le 2{,}5$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \, ctg\theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w z \nu_1 f_{cd} / (c$$

A_{sw}=	6.28	cm^2
s=	12.5	cm
$\nu_1=\nu$=	0.516	
B500B		
γ_s=	1.15	
f_{ywd}=	434.783	MPa
$V_{Rd,s}$=	377.455	kN

α_{cw}=	1	$\rightarrow V_{Rd,s}$=	377.5 kN
$V_{rd,max}$=	663.163	$\rightarrow V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$=	377.5 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Контрола пресека на смицање - II фаза / Shear resistance II Phase

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c=	1,5		
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c=	0,12		
h=	1030	mm	
a=	60	mm	
d=	970	mm	
b_w=	600	mm	
k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$		$\rightarrow$ k=	1,454
A_{sl}=	29,46	cm^2	
ρ_l= $\frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$		$\rightarrow$ ρ_l=	0,0051
f_{ck}=	35	Mpa	
k_1=	0,15		
V_{Ed}=	1820	kN	
N_{Ed}=	-233	kN	

$f_{cd}=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c=$	19.833 Mpa		
$\sigma_{cp}=N_{ed}/A_c=$	-0.38 Mpa	→ $\sigma_{cp}<$	-0.38 Mpa
$\sigma_{cp}<0.2f_{cd}=$	3.97 Mpa		
$V_{Rd,c}=$	246.16 kN		
$v_{min}=0{,}035\,k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}$	= 0.3631	→$V_{Rd,c}=$	246.2 kN
$\min V_{Rd,c}=(V_{min}+k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$	= 189.4 kN	→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}=$	246.2 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

*усвајају се четворосечне узенгије **Ø10/12.5** (6.28cm²)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α=	90		
θ=	45		
ctgθ=	1.000	$1 \le ctg\,\theta \le 2{,}5$	
$V_{Rd,s}=\frac{A_{sw}}{s}z\,f_{ywd}\,ctg\theta$			
$V_{Rd,max}=\alpha_{cw}\,b_w\,z\,\nu_1\,f_{cd}/(c$			
$A_{sw}=$	6.28 cm²		
s=	12.5 cm		
$\nu_1=\nu=$	0.516		
B500B	$\gamma_s=$ 1.15		
$f_{ywd}=$	434.783 MPa		
$V_{Rd,s}=$	1525.55 kN		
$\alpha_{cw}=$	1	→$V_{Rd,s}=$	1525.5 kN
$V_{rd,max}=$	2680.28	→$V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}=$	1525.5 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ДОДАТНА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

Део силе који се не може прихватити четворосечним узенгијама Ø10/15 прихватају вертикалне вешаљке смештене између челичних носача.

$$A_{sw,pot}=\frac{(V_{Ed}-V_{Rd,s})\cdot s_w}{z\cdot f_{ywd}\cdot(\cot\theta+\cot\alpha)\cdot\sin\alpha}=\frac{(1820-1526)\cdot 18}{0.9\cdot 97\cdot 0.8\cdot 43.48\cdot(1+0)\cdot 1}=1.74cm^2$$

*усвајају се две шипке **Ø12/18**(2.26cm²)*

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s\cdot f_{yw}}{b_w\cdot s}+\frac{A_{s,w}\cdot f_{yw}}{b_w\cdot s_w}=\frac{6.28\cdot 0.8\cdot 43.48}{60\cdot 12.5}+\frac{2.26\cdot 0.8\cdot 43.48}{60\cdot 18}=0.364\le\frac{0.5\cdot\alpha_{cw}\cdot\nu_1\cdot f_{cd}}{\sin\alpha}=\frac{0.5\cdot 1\cdot 0.516\cdot 1.98}{\sin 90}=0.51$$

$$T_{Rd,max}=2\cdot\nu\cdot\alpha_{cw}\cdot f_{cd}\cdot A_k\cdot t_{ef}\cdot\sin\theta\cdot\cos\theta=2\cdot 0.6\cdot 1\cdot 1.98\cdot 93\cdot 50\cdot 5\cdot 0.707^2/100=276kNm$$

Пресек изложен смичућим силама и моментима торзије мора задовољити услов:

The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed}/T_{Rd,max}+V_{Ed}/V_{Rd,max}=83/276+1820/2680=0.98<1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

Контрола смицања на контакту старог и новог бетона:

Control of shear at the interface between concrete cast at different times:

$$\nu_{Ed}=1530/(101\cdot 60)=0.25kN/cm^2<\nu_{Rdi}=0.2\cdot 0.146+\frac{6.28+4.52}{18\cdot 60}\cdot 43.48\cdot(0.6\cdot 1+0)=0.29kN/cm^2$$

6.4 ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATE

Меродавни утицаји за контролу напона и прслина приказане су у предходном поглављу.

Internal forces for serviceability limit state control are shown in Chapter 6.3.

6.4.1 Контрола напона / Stress control

Услед карактеристичне комбинације оптерећења напон притиска треба ограничити на вредност $k_1 f_{ck}=0.6 f_{ck}=0.6 \cdot 35=21$Mpa, док напон затезања у арматури не треба да буде већи од $k_3 f_{yk}=0.8 f_{yk}=0.8 \cdot 500=400$Mpa (СРПС ЕН 1992-1-1, СРПС ЕН 1992-1-1/НА, 7.2 (2) и (5)).

Due to the characteristic load combination, the compressive stress in concrete is limited to $k_1 f_{ck}=0.6 f_{ck}=0.6 \cdot 35=21$Mpa, while the tensile stress in the reinforcement should not be higher than $k_3 f_{yk}=0.8 f_{yk}=0.8 \cdot 500=400$Mpa (SRPS EN 1992-1-1, SRPS EN 1992-1-1 / NA, 7.2 (2) and (5)).

6.4.1.1 Ослоначки попречни носач / End cross girder

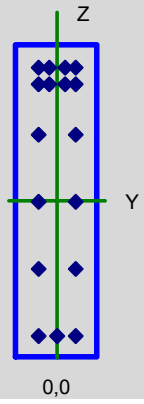
Materials:

f_{ck} =	35	MPa	E_{cm} =	34.1 GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,5			
γ_s =	1,15			
a_{CC} =	0,85			

Section Properties:

Height = 1130 mm Width = 300 mm

Concrete section		Transformed section	
A_C =	339000 mm²	A_T =	379641.8 mm²
I_C =	3.6E+10 mm⁴	I_T =	4.22E+10 mm⁴
Y_{bC} =	565 mm	Y_{bT} =	578.7437 mm

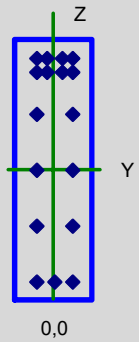


Reinforcing bars:

Bar Diameter = 25 mm
No.bars = 17 (< 300)
Σ(As) = 8347 mm²
ΣAs/Ac = 0.02462
Concrete cover = 46 mm
Spiral/Stirrup dia. = 10 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	491	-69.50	80.50
2	491	0.00	80.50
3	491	69.50	80.50
4	491	-69.50	322.75
5	491	69.50	322.75
6	491	-69.50	565.00
7	491	69.50	565.00
8	491	-69.50	807.25
9	491	69.50	807.25
10	491	-69.50	1049.50
11	491	-29.70	1049.50
12	491	29.70	1049.50
13	491	69.50	1049.50
14	491	-69.50	989.50
15	491	-29.70	989.50
16	491	29.70	989.50
17	491	69.50	989.50

SLS Loads	P =	-20	kN	(+ for compression)	
	M =	-663	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	35	MPa		Solved
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3.21	MPa		
	Creep factor, Ct =	0.7			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9.98	
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	401.2	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	10.79	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	174.0	MPa		
	at y_{st} =	1049.5	mm		
	Number of bars in tension =	12			
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	908.4	mm		
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0005			
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1.3E-06	mm^{-1}		
Crack width calculations					
	Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
	bar diameter, d_b =	25	mm		
	Clear cover, c =	46	mm		
	Bar spacing S =	60	mm	≤ 5(clr+db/2) = 292.5 mm	OK
	Bond coefficient	k_1 =	0.8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)	
	Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)	
		k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)	
		k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)	
	Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)	
	Total section height, H =	1130.0	mm		
	h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	1108.0	mm	Section height adjusted for concrete cover	
	$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	235.6	mm		
	$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	70683	mm^2		
	A_{st} =	5892	mm^2		
	$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0834			
Max. crack spacing	$S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	207.4	mm		(7.11)
	$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1409.2	mm	min of = 207.4 mm	(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains					
	$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	5.87			
	$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0.00076			(7.9)
	$0.6f_s/E_s$ =	0.00052		max of = $e_{sm}-e_{cm}$ = 0.000755	
	Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0.16**	**mm**		(7.8)
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.16 mm**	**≤ 0.3 mm**		**OK**



Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени.
The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

6.4.1.2 Средњи попречни носач / Mid cross girder

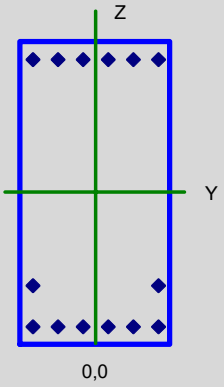
Materials:

f_{ck} =	35 MPa	E_{cm} =	34.1 GPa	
f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200 GPa	
γ_c =	1,5			
γ_s =	1,15			
a_{CC} =	0,85			

Section Properties:

Height = 1030 mm Width = 600 mm

Concrete section		Transformed section	
A_C =	618000 mm²	A_T =	649746.1 mm²
I_C =	5.5E+10 mm⁴	I_T =	6E+10 mm⁴
Y_{bC} =	515 mm	Y_{bT} =	515 mm



Reinforcing bars:

No.bars = 14 (< 300)
Σ(As) = 6520 mm²
ΣAs/Ac = 0.01055
Concrete cover = 46 mm
Spiral/Stirrup dia. = 10 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	491	-250.00	60.00
2	491	250.00	60.00
3	491	-150.00	60.00
4	491	150.00	60.00
5	491	-50.00	60.00
6	491	50.00	60.00
7	314	-250.00	200.00
8	314	250.00	200.00
9	491	-250.00	970.00
10	491	250.00	970.00
11	491	-150.00	970.00
12	491	150.00	970.00
13	491	-50.00	970.00
14	491	50.00	970.00

SLS Loads

P = -161 kN (+ for compression)
M = -793 kNm (+ for tension on the bottom)

Calculate stresses

Materials

Solved

f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200000 MPa
f_{ck} =	35 MPa		
f_{cm} =	43 MPa	E_{cm} =	34077 MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21 MPa		
Creep factor, Ct =	0,7		
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045 MPa	E_s/E_{ctm}=	9,98

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	217,3 mm
Maximum concrete stress, fc.max =	9,44 MPa
Maximum steel stress, fs.max =	326,2 MPa
at y_{st} =	970 mm
Number of bars in tension =	6
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	970,0 mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0005
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	2,2E-06 mm⁻¹

Услови у погледу ограничења напона су задовољени.
The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

6.4.2 Контрола прслина / Crack control

За квази сталну комбинацију оптерећења карактеристична ширина прслина w_{max}<0.3mm, напон притиска у бетону треба ограничити на вредност $k_2 f_{ck}=0.45 f_{ck}=15.75$Mpa како би ефекти течења остали у домену линеарног (СРПС ЕН 1992-2, табела 7.101N и СРПС ЕН 1992-1-1, 7.2(3)).

For a quasi-permanent load combination, a characteristic crack width is limited to wmax <0.3mm, the compressive stress in concrete should be limited to k2fck = 0.45fck = 15.75Mpa so that the creep effects remain in the linear domain (SRPS EN 1992-2, Table 7.101N and SRPS EN 1992 -1-1, 7.2 (3)).

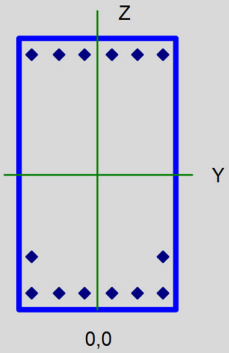
6.4.2.1 Ослоначки попречни носач / Eng cross girders

Како је приказано у предходом поглављу напони притиска у бетону ослоначког попречног носача услед карактеристичне комбинације оптерећења су нижи од 15.75Mpa, па се неће вршити контрола за квазисталну комбинацију. Такође је и карактеристична ширина прслина услед карактеристичне комбинације оптерећења нижа од 0.3mm, па се прорачун неће понављати.

As shown in the previous chapter, the compressive stresses in the concrete of the end cross girder due to the characteristic load combination are lower than 15.75 MPa, so no control will be performed for the quasi-permanent combination. Also, the characteristic crack width is lower than 0.3 mm due to the characteristic load combination, so the calculation will not be repeated.

6.4.2.2 Средњи попречни носач / Mid cross girders

SLS Loads	P =	0	kN	(+ for compression)	
	M =	-330	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000	MPa
	f_{ck} =	35	MPa		Solved
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077	MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa		
	Creep factor, Ct =	0,7			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9,98	
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	236,0	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	4,04	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	125,3	MPa		
	at y_{st} =	970	mm		
	Number of bars in tension =	6			
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	970,0	mm		
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0002			
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	8,5E-07	mm^{-1}		
Crack width calculations					
	Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
	bar diameter, d_b =	25	mm		
	Clear cover, c =	46	mm		
	Bar spacing S =	100	mm ≤ 5(clr+db/2) = 292,5	mm	OK
	Bond coefficient	k_1 = 0,8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)		
	Strain distribution coefficient	k_2 = 0,5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)		
		k_3 = 3,4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)		
		k_4 = 0,425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)		
	Load duration coefficient	k_t = 0,4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)		



Total section height, H =	1030,0	mm			
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	1028,5	mm	Section height adjusted for concrete cover		
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	146,3	mm			
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	87750	mm²			
A_{st} =	2946	mm²			
$r_{p,eff}$ = $A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0336				
Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	283,0	mm			(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1279,2	mm	min of =	283,0 mm	(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains					
α_e = E_s/E_{cm} =	5,87				
e_{sm}-e_{cm} = $[f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,0004		(7.9)		
$0.6f_s/E_s$ =	0,00038		max of =	e_{sm}-e_{cm} = 0,000397	
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,11**	**mm**	(7.8)		

Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,11 mm ≤ 0,3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења карактеристичне ширине прслина су задовољени.

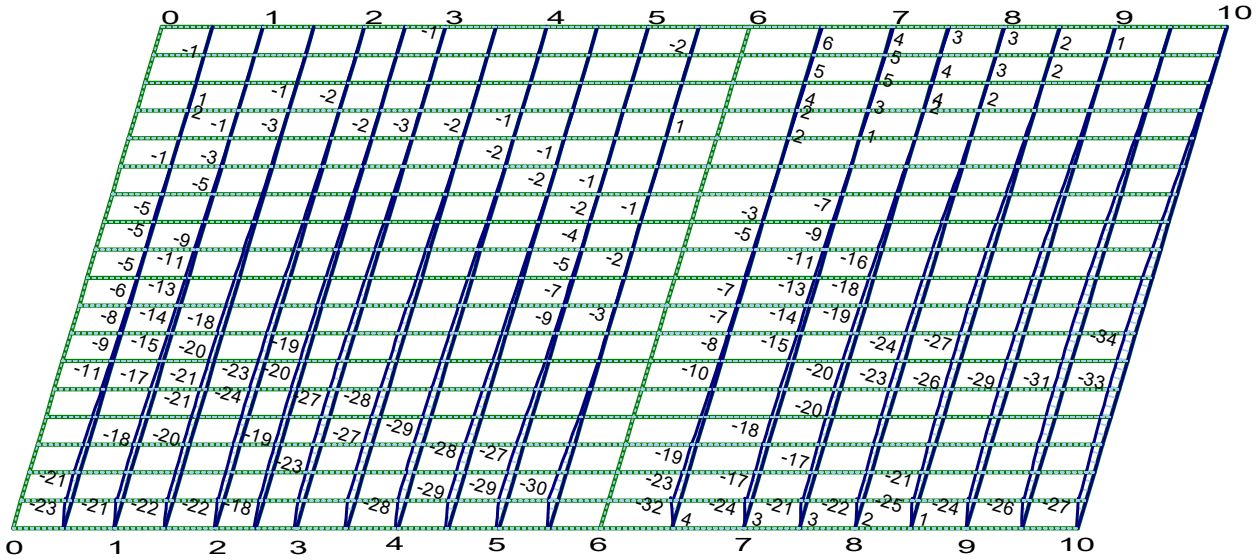
The maximum crack width limitation is satisfied.

7 КОЛОВОЗНА ПЛОЧА / CONCRETE DECK

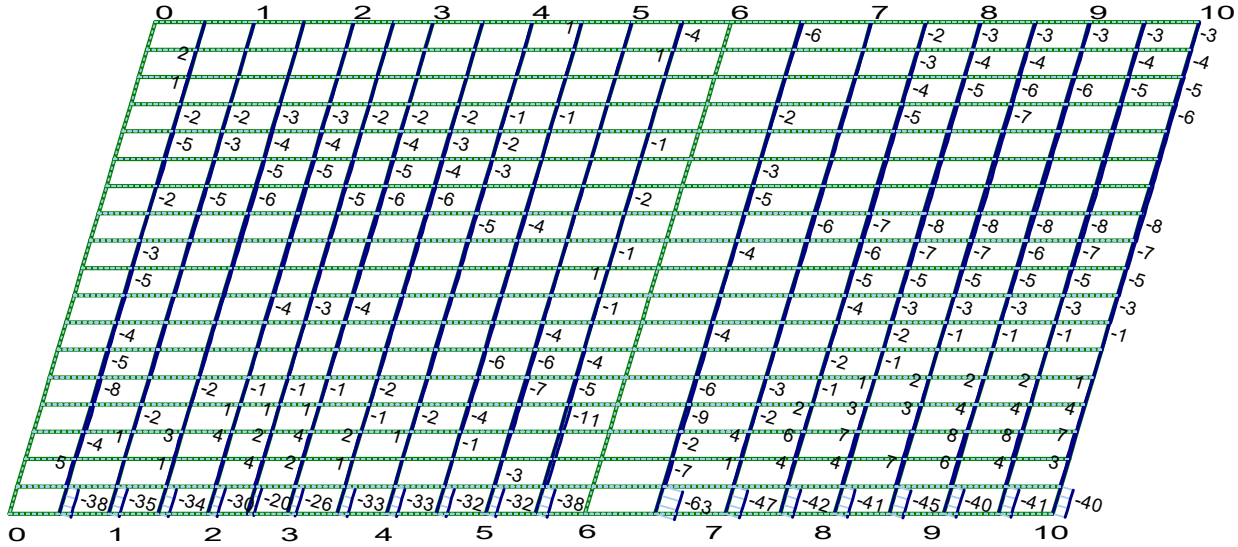
7.1 СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ У КОЛОВОЗНОЈ ПЛОЧИ / INTERNAL FORCES AND MOMENTS IN TRANSVERSE CONCRETE MEMBERS

7.1.1 Стални терет $G_{k,2}$

Опт. 1: Gk2 - stalni teret

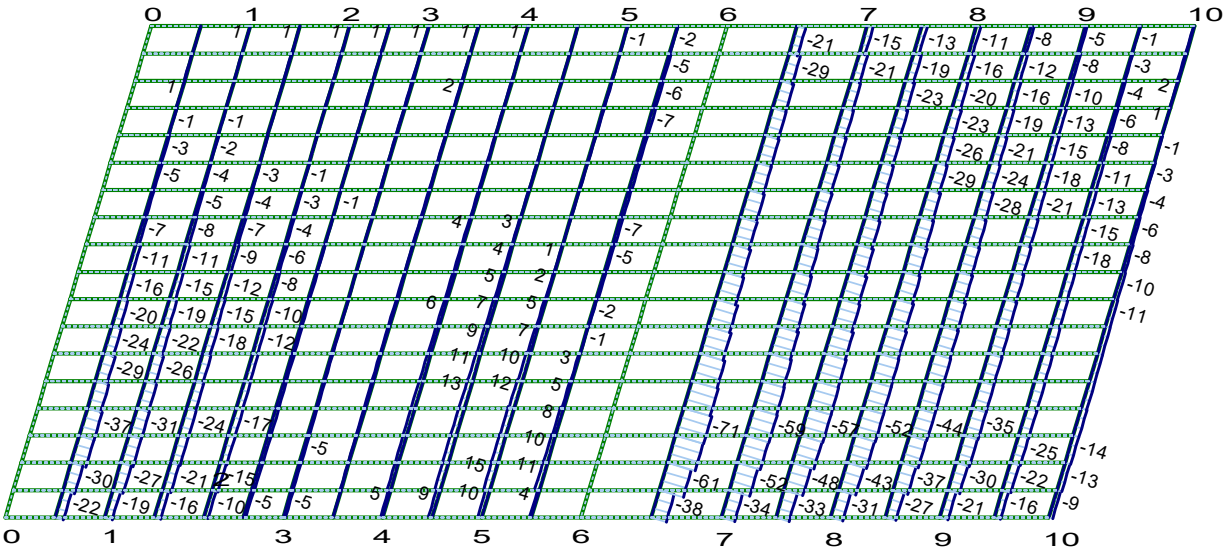


Утицаји у греди: max M3= 218 / min M3= -333 kNm
Опт. 1: Gk2 - stalni teret



Утицаји у греди: max T2= 135 / min T2= -311 kN

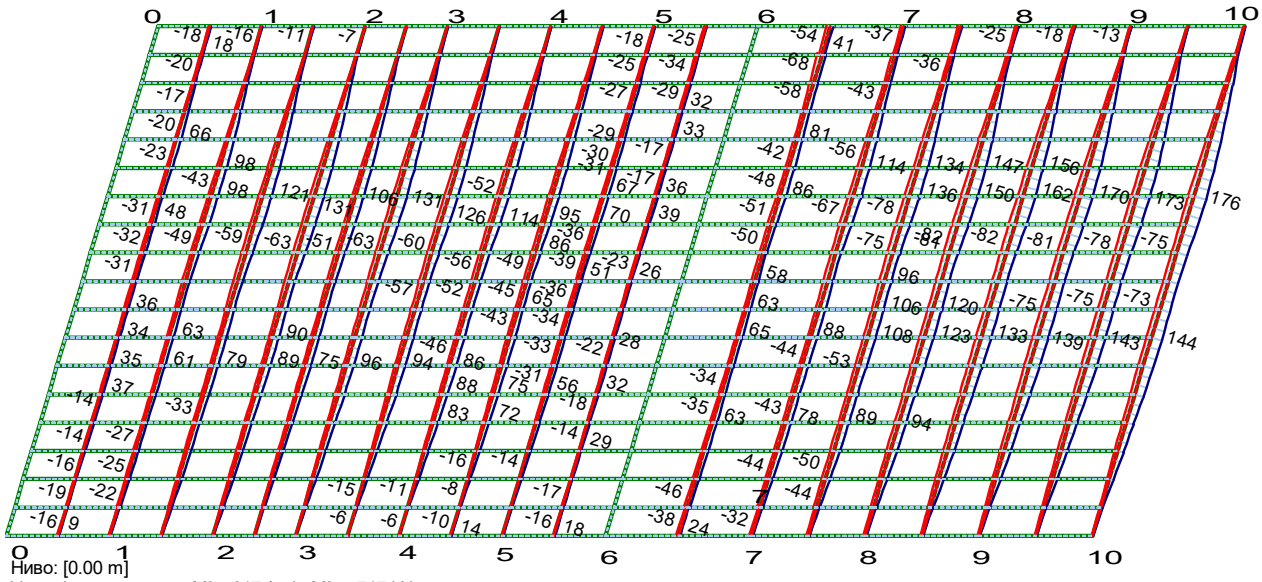
Опт. 1: Gk2 - stalni teret



Утицаји у греди: max M1= 16 / min M1= -71 kNm

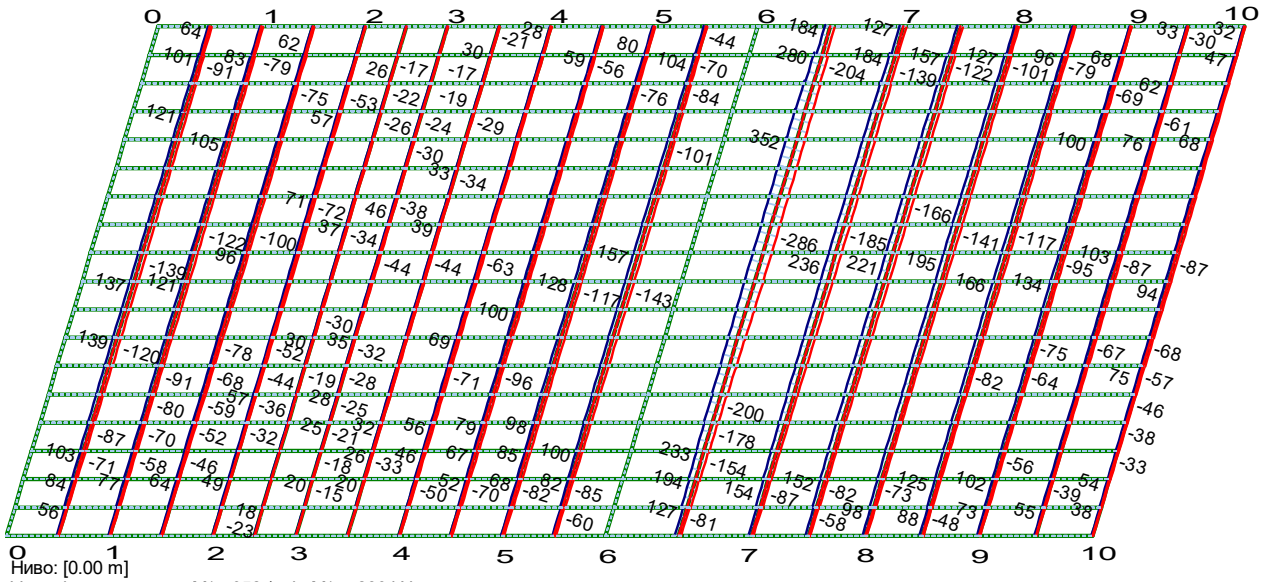
7.1.2 Саобраћајно оптерећење шеме LM71, SW/0 и SW/2 - α·Φ3·Q_{v1}+α·Q_{tk}

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16

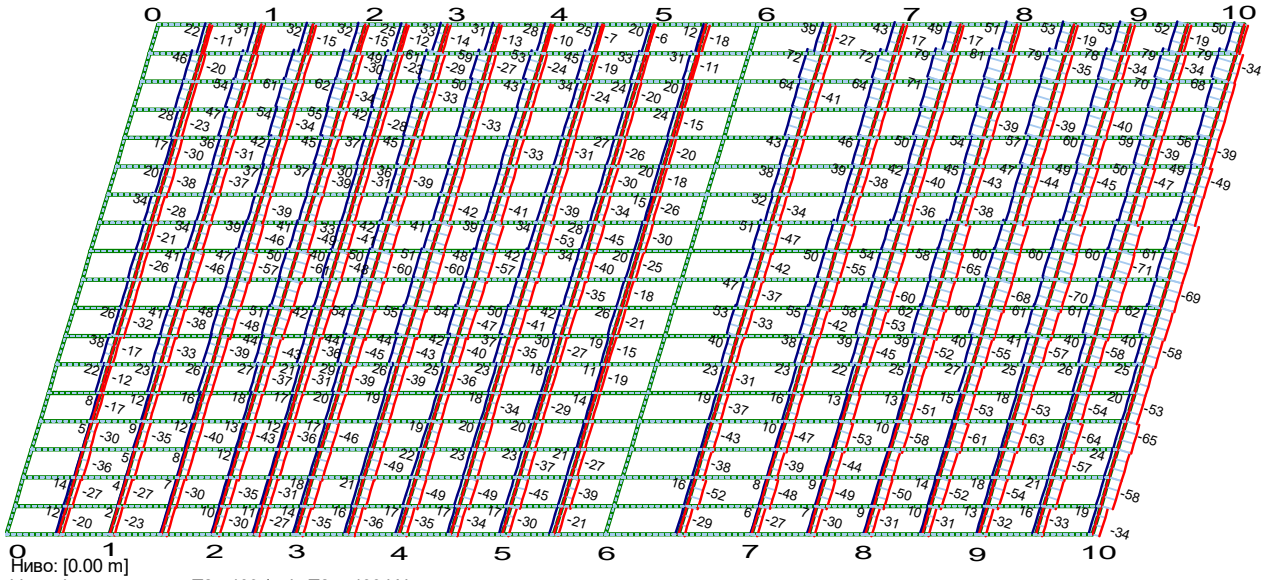


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max M3= 617 / min M3= -717 kNm

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max M1= 352 / min M1= -286 kNm
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



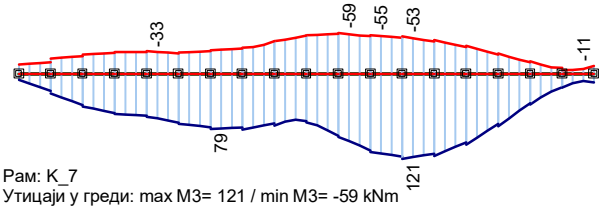
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max T2= 409 / min T2= -430 kN

Меродавни утицаји, за димензионисање попречне арматуре и контролу граничне носивости бетонске плоче између челичних носача, јављају се у фиктивним носачима између пресека 1 – 2 , 6 – 7 и у пресецима 8 и 10.

Носач између пресека 1 – 2 / Transverse concrete members between sections 1 - 2

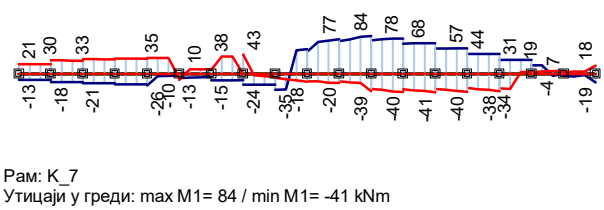
extrM3 u odgM1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M3= 121 / min M3= -59 kNm

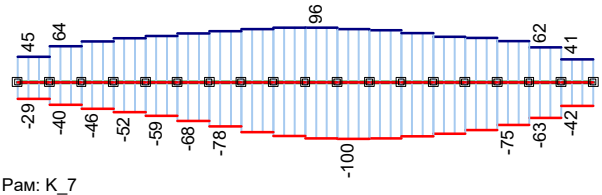
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M1= 84 / min M1= -41 kNm

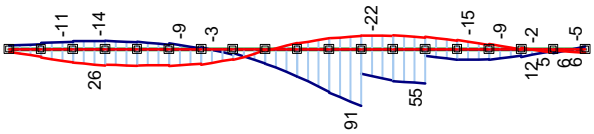
extrM1 u odgM3

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M1= 96 / min M1= -100 kNm

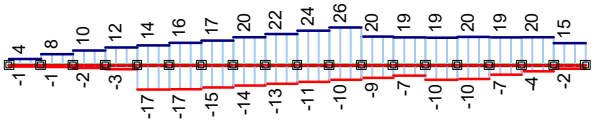
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M3= 91 / min M3= -22 kNm

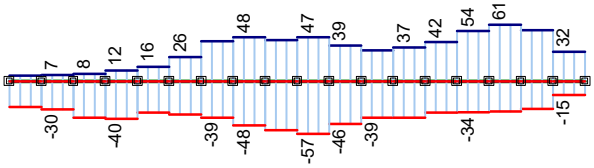
extrT2 u extrN1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_7
Утицаји у греди: max N1= 26 / min N1= -17 kN

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16

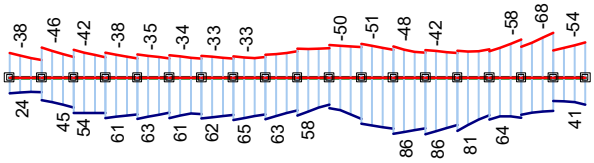


Рам: K_7
Утицаји у греди: max T2= 61 / min T2= -57 kN

Носач између пресека 6 – 7 / Transverse concrete members between sections 6 - 7

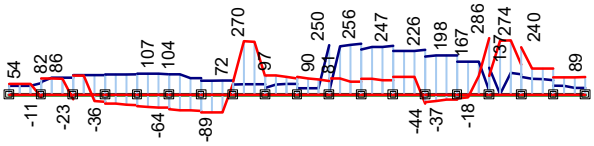
extrM3 u odgM1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M3= 86 / min M3= -68 kNm

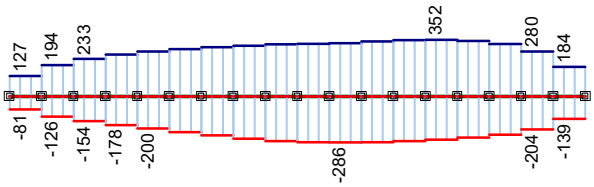
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M1= 286 / min M1= -89 kNm

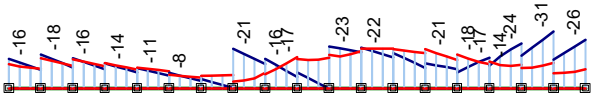
extrM1 u odgM3

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M1= 352 / min M1= -286 kNm

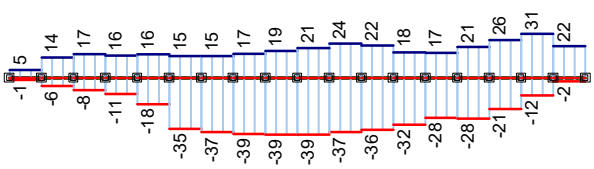
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M3= 0 / min M3= -31 kNm

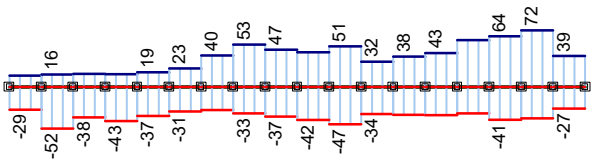
extrT2 u extrN1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_16
Утицаји у греди: max N1= 31 / min N1= -39 kN

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16

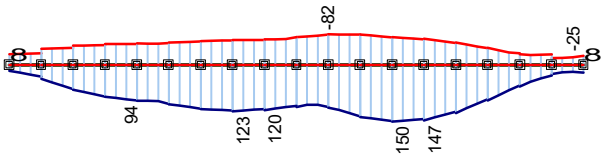


Рам: K_16
Утицаји у греди: max T2= 72 / min T2= -52 kN

Носач у пресеку 8 / Transverse concrete members in section 8

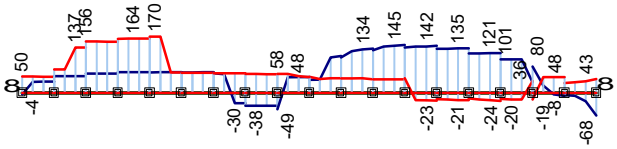
extrM3 u odgM1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M3= 150 / min M3= -82 kNm

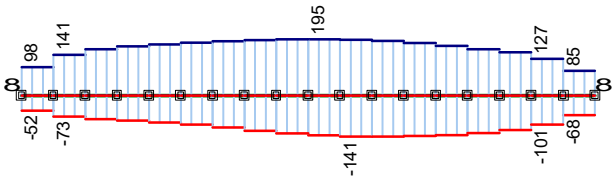
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M1= 170 / min M1= -68 kNm

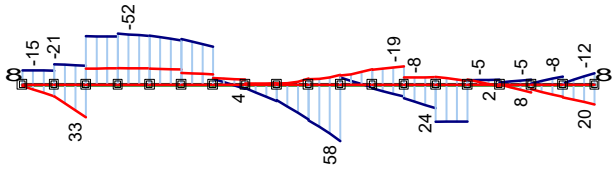
extrM1 u odgM3

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M1= 195 / min M1= -142 kNm

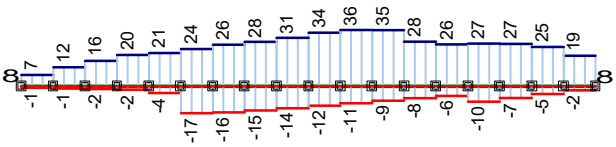
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M3= 58 / min M3= -52 kNm

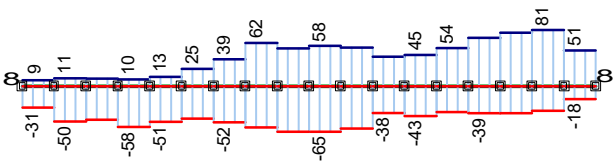
extrT2 u extrN1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_19
Утицаји у греди: max N1= 36 / min N1= -17 kN

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16

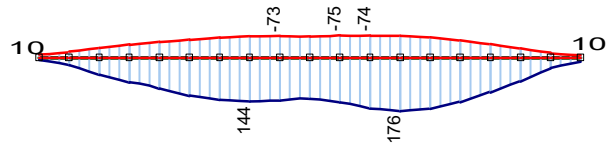


Рам: K_19
Утицаји у греди: max T2= 81 / min T2= -65 kN

Носач у пресеку 10 / Transverse concrete members in section 10

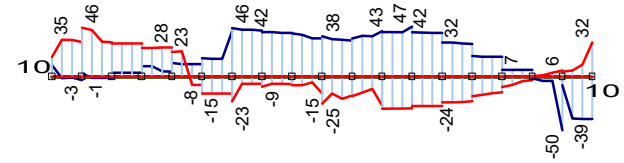
extrM3 u odgM1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M3= 176 / min M3= -75 kNm

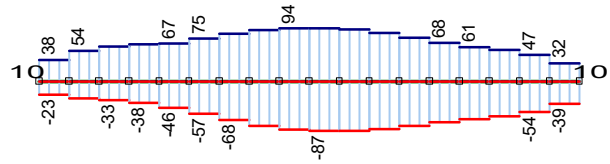
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M1= 47 / min M1= -50 kNm

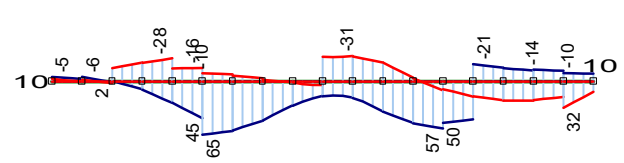
extrM1 u odgM3

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M1= 94 / min M1= -87 kNm

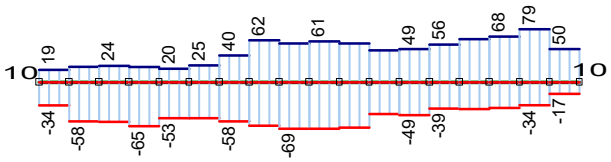
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M3= 65 / min M3= -31 kNm

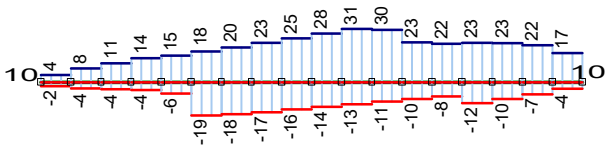
extrT2 u extrN1

Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_23
Утицаји у греди: max T2= 79 / min T2= -69 kN

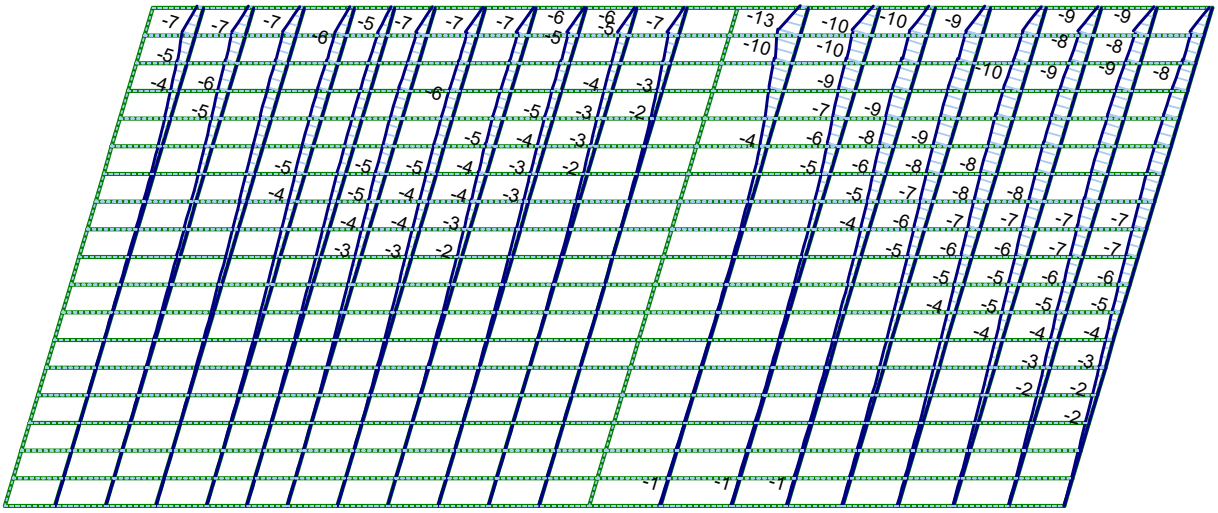
Опт. 19: [Anvelopa axΦ3xQv+axQtk] 1-16



Рам: K_23
Утицаји у греди: max N1= 31 / min N1= -19 kN

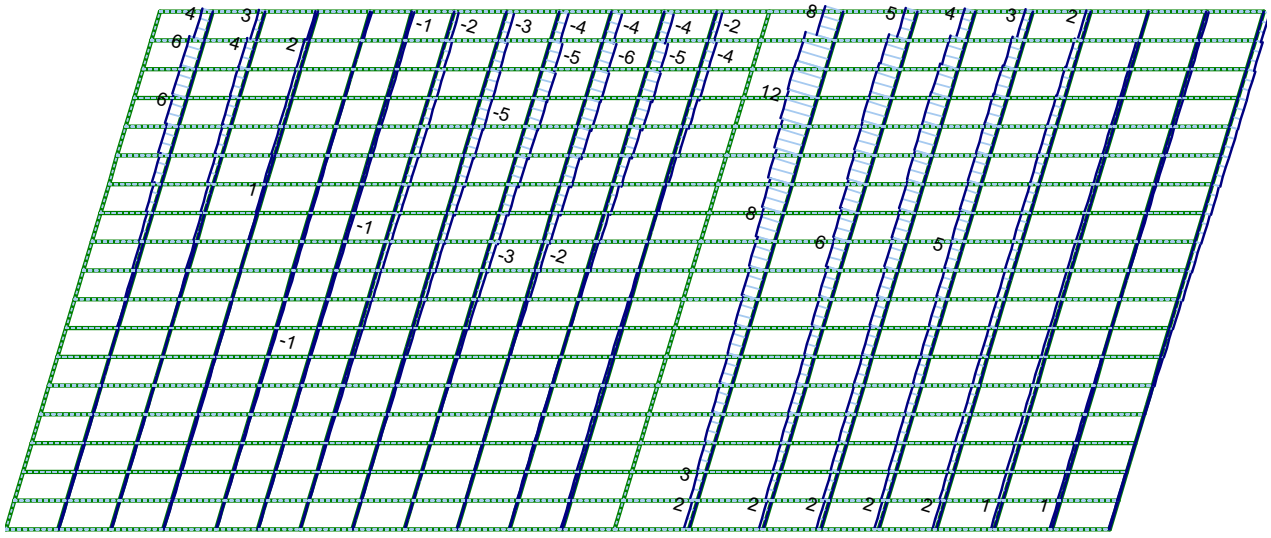
7.1.3 Корисно оптерећење на ревизионим стазама q_{fk}

Опт. 4: qfk



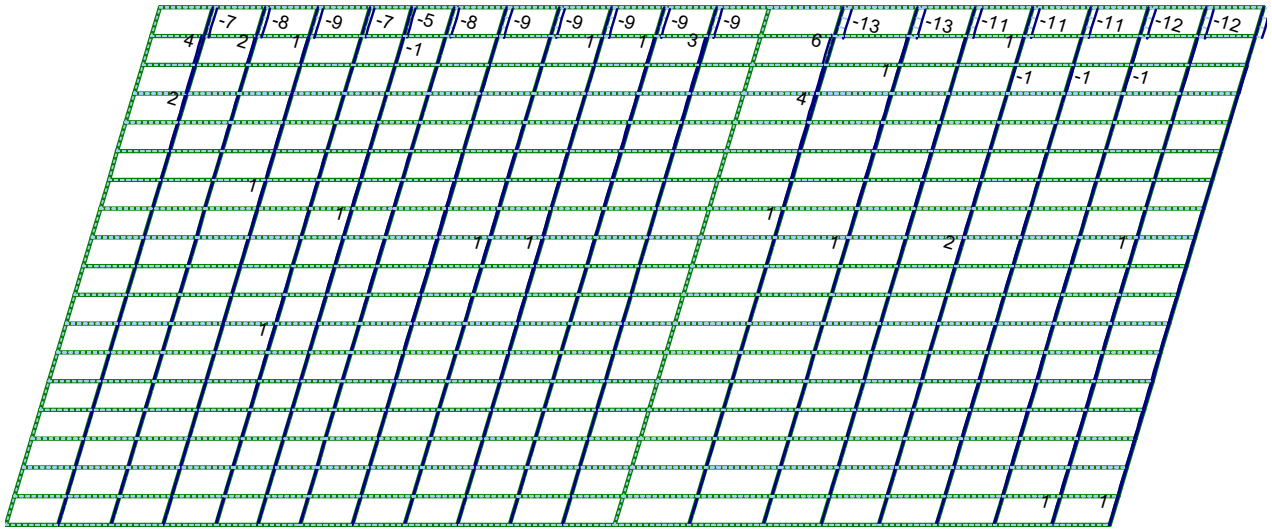
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max M3= 17 / min M3= -37 kNm

Опт. 4: qfk



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max M1= 13 / min M1= -6 kNm

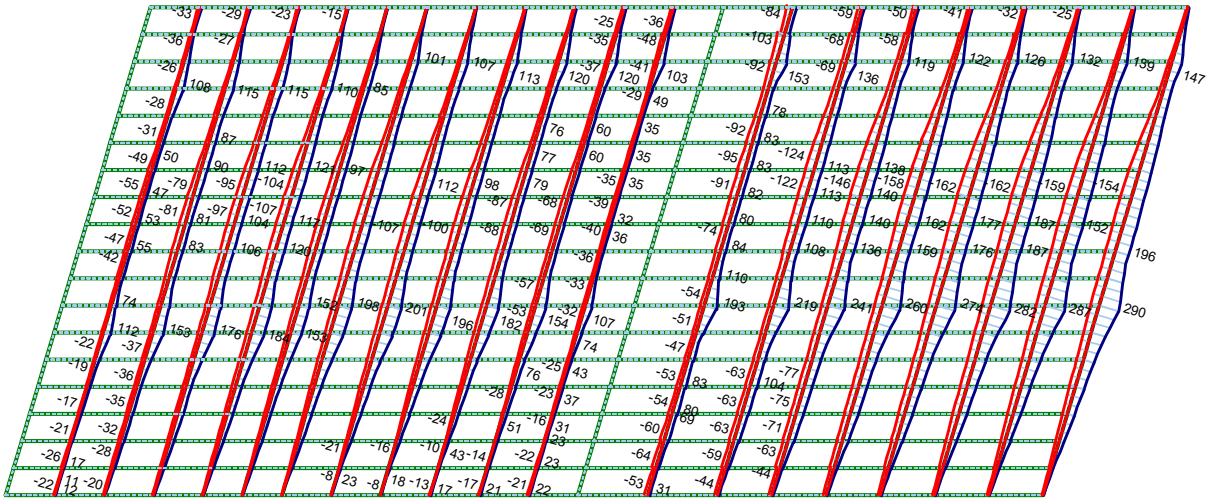
Опт. 4: qfk



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max T2= 36 / min T2= -49 kN

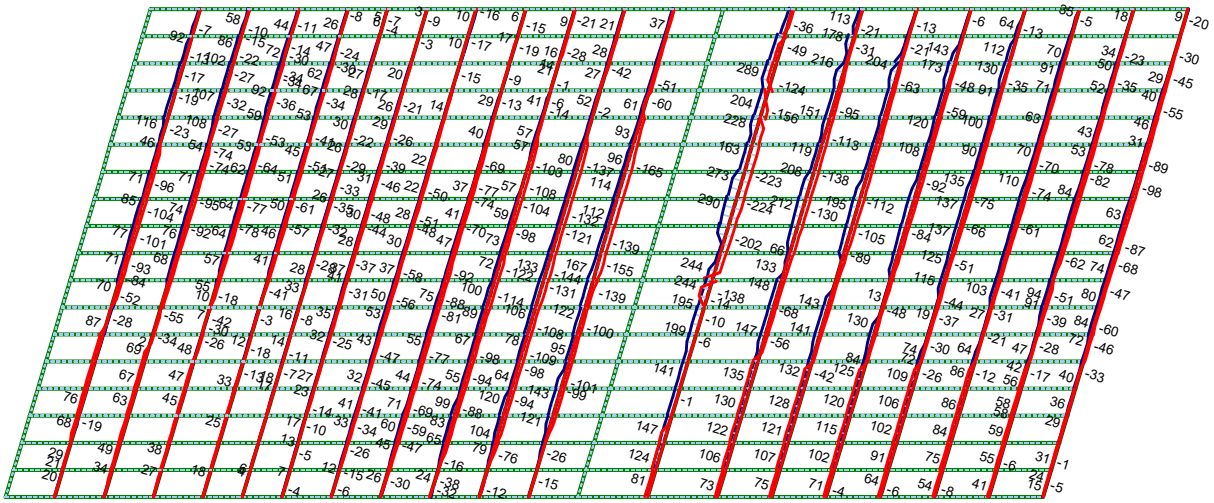
7.1.4 Утицај исклизнућа железничких возила на мосту $Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



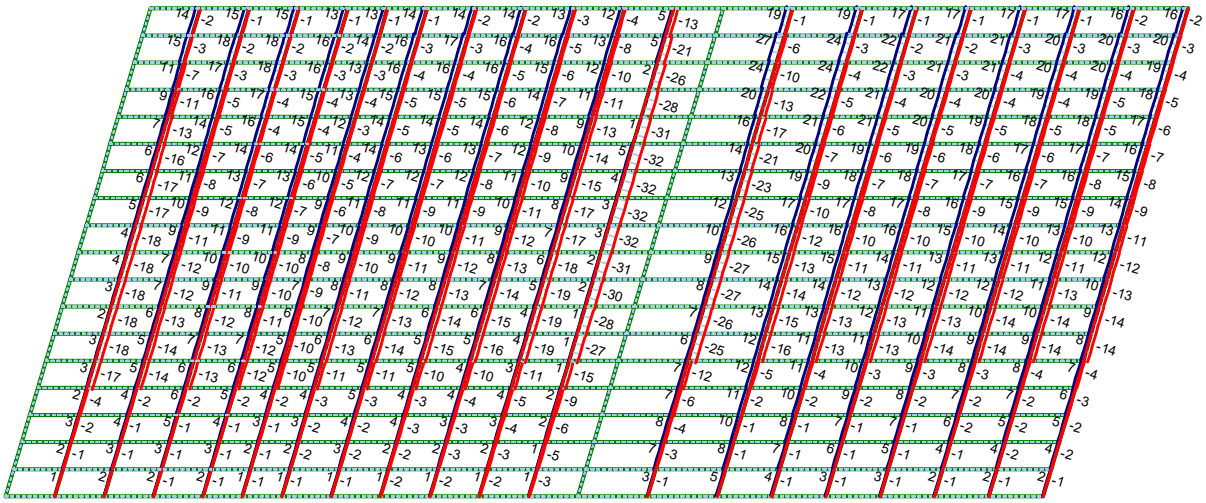
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max M3= 931 / min M3= -1066 kNm

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



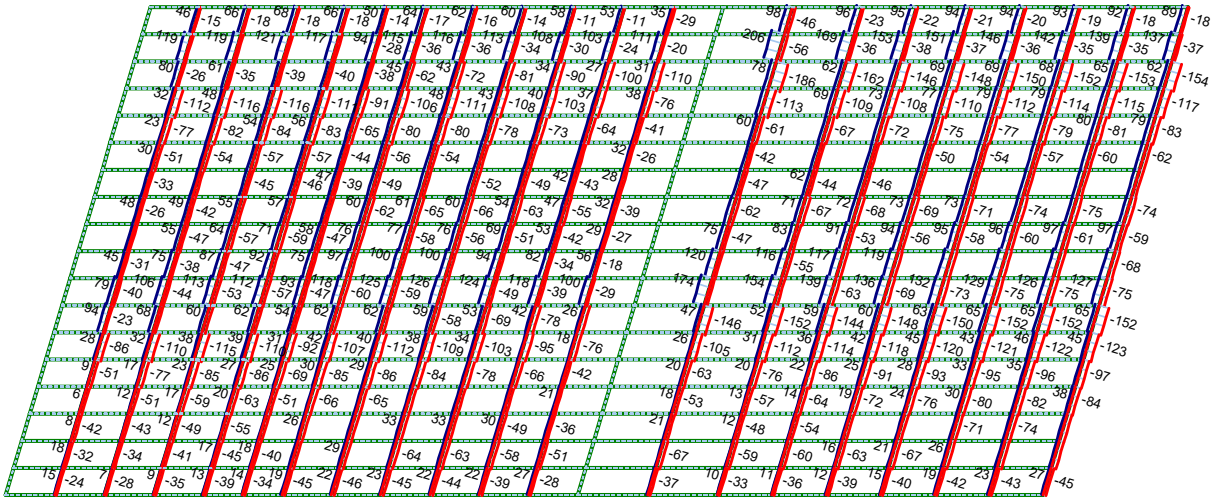
Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max M1= 290 / min M1= -224 kNm

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max N1= 39 / min N1= -236 kN

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22

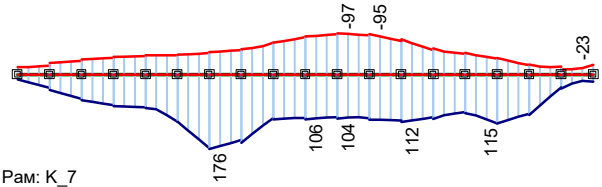


Ниво: [0.00 m]
Утицаји у греди: max T2= 767 / min T2= -704 kN

Носач између пресека 1 – 2 / Transverse concrete members between sections 1 - 2

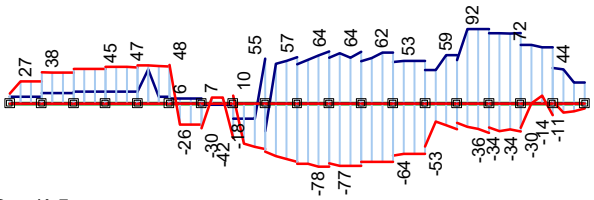
extrM3 u odgM1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M3= 176 / min M3= -97 kNm

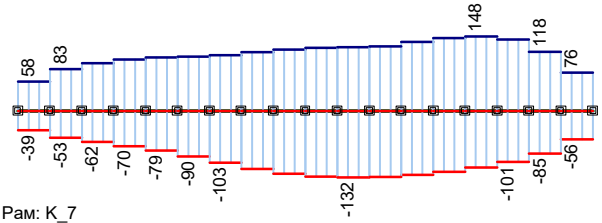
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M1= 92 / min M1= -78 kNm

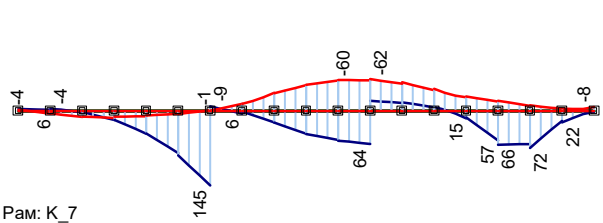
extrM1 u odgM3

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M1= 148 / min M1= -132 kNm

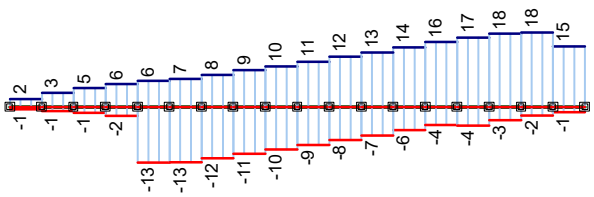
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_7
Утицаји у греди: max M3= 145 / min M3= -62 kNm

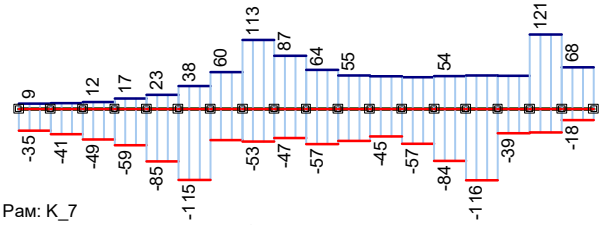
extrT2 u extrN1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_7
Утицаји у греди: max N1= 18 / min N1= -13 kN

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22

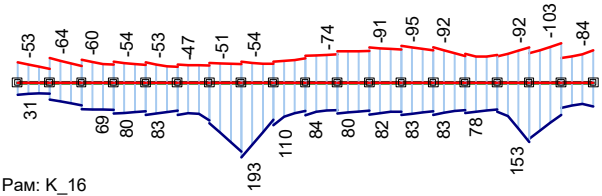


Рам: K_7
Утицаји у греди: max T2= 121 / min T2= -116 kN

Носач између пресека 6 – 7 / Transverse concrete members between sections 6 - 7

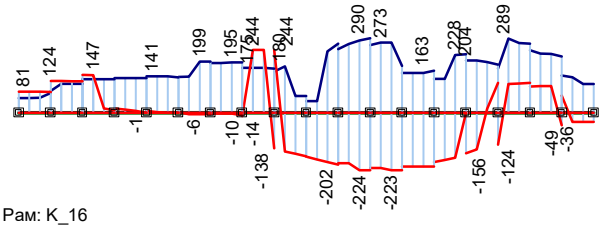
extrM3 u odgM1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M3= 193 / min M3= -103 kNm

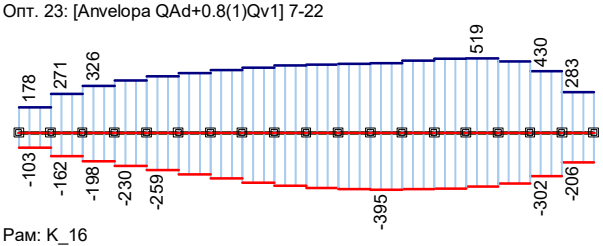
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M1= 290 / min M1= -224 kNm

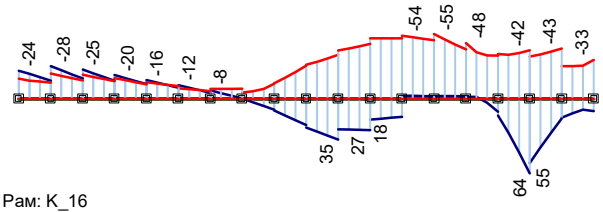
extrM1 u odgM3

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M1= 519 / min M1= -395 kNm

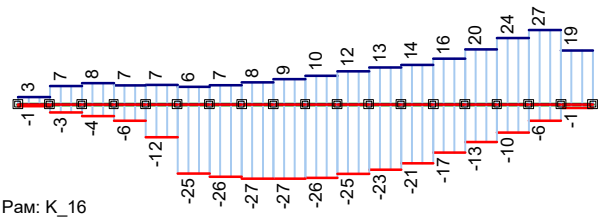
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_16
Утицаји у греди: max M3= 64 / min M3= -55 kNm

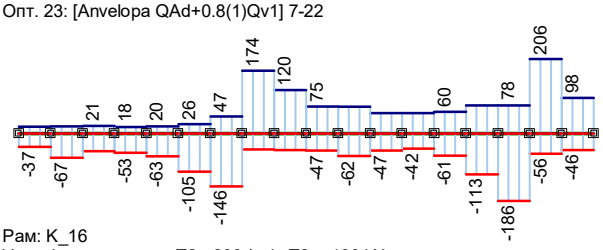
extrT2 u extrN1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_16
Утицаји у греди: max N1= 27 / min N1= -27 kN

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22

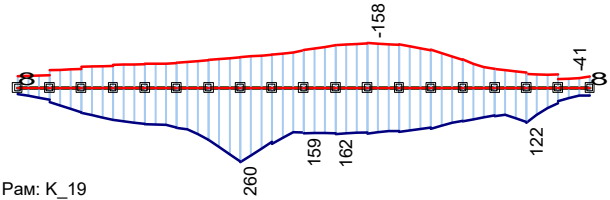


Рам: K_16
Утицаји у греди: max T2= 206 / min T2= -186 kN

Носач у пресеку 8 / Transverse concrete members in section 8

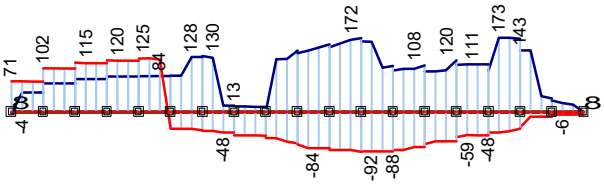
extrM3 u odgM1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M3= 260 / min M3= -158 kNm

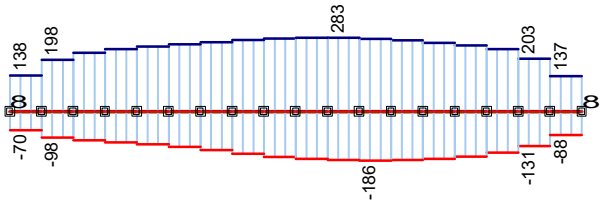
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M1= 173 / min M1= -93 kNm

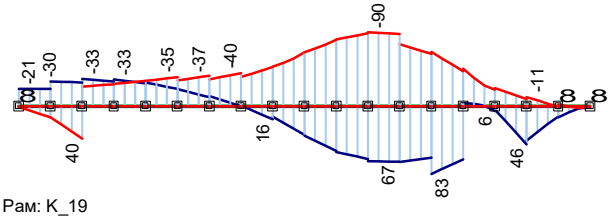
extrM1 u odgM3

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M1= 283 / min M1= -186 kNm

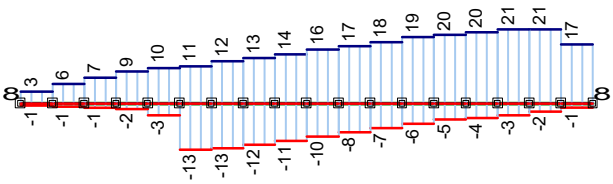
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_19
Утицаји у греди: max M3= 83 / min M3= -90 kNm

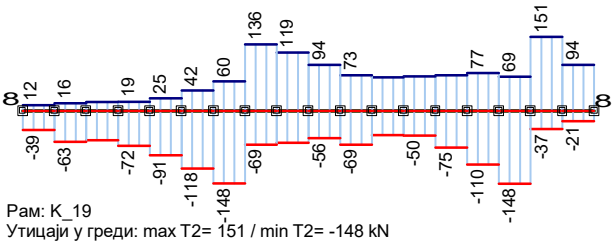
extrT2 u extrN1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_19
Утицаји у греди: max N1= 21 / min N1= -13 kN

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22

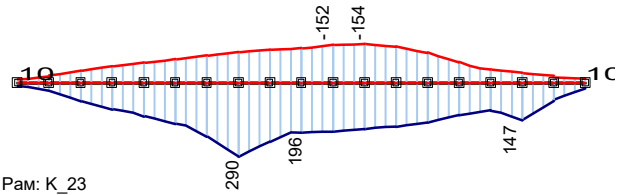


Рам: K_19
Утицаји у греди: max T2= 151 / min T2= -148 kN

Носач у пресеку 10 / Transverse concrete members in section 10

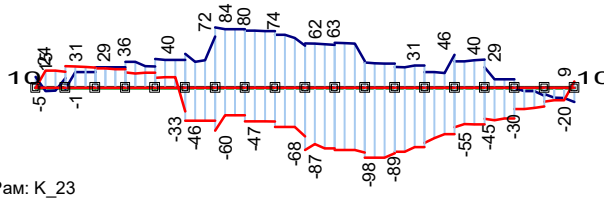
extrM3 u odgM1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M3= 290 / min M3= -154 kNm

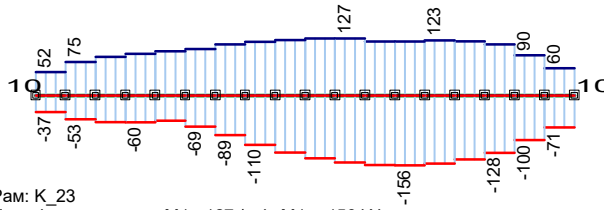
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M1= 84 / min M1= -98 kNm

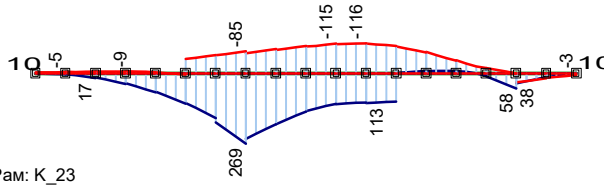
extrM1 u odgM3

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M1= 127 / min M1= -156 kNm

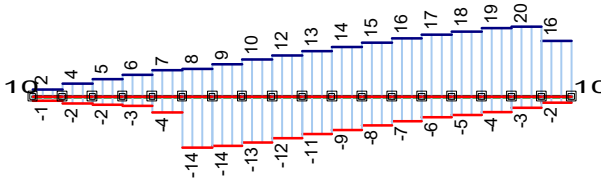
Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_23
Утицаји у греди: max M3= 269 / min M3= -116 kNm

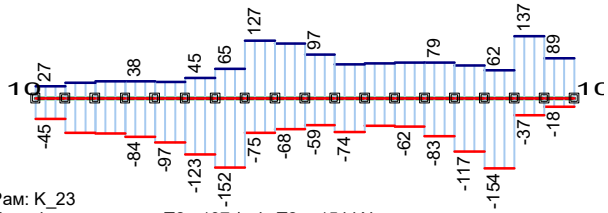
extrT2 u extrN1

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_23
Утицаји у греди: max N1= 20 / min N1= -14 kN

Опт. 23: [Anvelopa QAd+0.8(1)Qv1] 7-22



Рам: K_23
Утицаји у греди: max T2= 137 / min T2= -154 kN

7.2 ГРАНИЧНО СТАЊЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости и контролу граничних стања употребљивости.

У приложеној табели дате су и рачунске потребне површине арматуре за меродавне комбинације оптерећења.

Internal forces for ultimate and serviceability limit state control.

In table below are also gives the calculated required areas of transverse reinforcement for the relevant load combinations.

	коловозна плоча у крајњим пољима bxd=100x67.5cm									
сл. оптерећ.	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	odgM3	extrM1	odgN1	extrT2
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G_{k2}	-20	-21		-20	-21		-20	-21		-38
$\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk}$	121	78	13	-55	-41	4	91	-100	24	-57
$k\cdot(\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk})$	125	80	13	-57	-42	4	94	-103	25	-59
q_{fk}	-3	2		-7	1		-7	1		-9
$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$	176	6	0	-97	-78	-8	148	1	66	-116
ком. оптерећ.	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$odgM_{Ed}$	$extrT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1.1.1	150	91	19	-118	-88	6	***101***	***-177***	***36***	-147
	$_{pot}A_s$= 9.45 cm^2			$_{pot}A_s$= 7.41 cm^2			$_{pot}A_s$ = ±10,45 cm^2			
1.3.1	156	-15	0	-117	-99	-8	128	-20	66	-154
	$_{pot}A_s$= 9.19 cm^2			$_{pot}A_s$= 7.18 cm^2			$_{pot}A_s$= 6.74 cm^2			
2.1.3	102	61	13	-82	-62	4	68	-123	25	-104
2.3.1	-20	-21	0	-20	-21	0	-20	-21	0	-38

	коловозна плоча у зони средњег ослонца bxd=141.25x67.5cm									
сл. оптерећ.	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	odgM3	extrM1	odgN1	extrT2
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G_{k2}	-10	-64		-10	-64		-10	-64		-63
$\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk}$	86	226	8	-38	133	4	21	352	10	-52
$k\cdot(\alpha\cdot\Phi3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk})$	89	233	8	-39	137	4	22	363	10	-54
q_{fk}	-4	12		-13	12		-4	12		-13
$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$	193	124	1	-103	-49	-4	-10	519	11	-186
ком. оптерећ.	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$odgM_{Ed}$	$extrT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1.1.1	110	266	12	-86	127	6	***13***	***454***	***15***	-178
	$_{pot}A_s$ = *12.32 cm^2*			$_{pot}A_s$= 7.00 cm^2			$_{pot}A_s$= ±13,79 cm^2			
1.3.1	183	60	1	-113	-113	-4	-20	455	11	-249
	$_{pot}A_s$= 8.08 cm^2			$_{pot}A_s$= 7.06 cm^2			$_{pot}A_s$= ±12,22 cm^2			
2.1.3	75	179	8	-60	83	4	8	308	10	-127

	коловозна плоча у зони средњег ослонца bxd=110x67.5cm									
сл. оптерећ.	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	odgM3	extrM1	odgN1	extrT2
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G_{k2}	-23	-52		-23	-52		-23	-52		-45
$\alpha\cdot\Phi 3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk}$	150	145	21	-82	49	10	58	195	27	-58
$k\cdot(\alpha\cdot\Phi 3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk})$	155	149	22	-85	51	10	60	201	28	-60
q_{fk}	-5	5		-9	5		-5	5		-12
$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$	260	130	6	-158	-93	-8	64	283	15	-148
ком. оптерећ.	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$odgM_{Ed}$	$extrT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1.1.1	***187***	***153***	***31***	-164	9	15	50	227	40	-162
	$_{pot}A_s$ = 13.00 cm²			$_{pot}A_s$=	6.75	cm^2	$_{pot}A_s$=	9.73	cm^2	
1.3.1	237	78	6	***-181***	***-145***	***-8***	41	231	15	-193
	$_{pot}A_s$=	12.07	cm^2	***$_{pot}A_s$ = 9.91 cm²***			$_{pot}A_s$=	7.96	cm^2	
2.1.3	128	101	22	-115	3	10	33	153	28	-114
2.3.1	-23	-52	0	-23	-52	0	-23	-52	0	-45

	коловозна плоча у средњем пољу bxd=110x67.5cm									
сл. оптерећ.	maxM3	odgM1	odgN1	minM3	odgM1	odgN1	odgM3	extrM1	odgN1	extrT2
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
G_{k2}	-33	-15		-33	-15		-33	-15		-40
$\alpha\cdot\Phi 3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk}$	176	47	15	-75	-30	5	29	94	9	-65
$k\cdot(\alpha\cdot\Phi 3\cdot Q_{v1}+\alpha\cdot Q_{tk})$	181	48	15	-77	-31	5	30	97	9	-67
q_{fk}	-5	-3		-8	-3		-5	-3		-11
$Q_{Ad}+0.8(1)Q_{v,1}$	290	84	5	-154	-98	10	-116	-156	-5	-154
ком. оптерећ.	$maxM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$minM_{Ed}$	$odgT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$odgM_{Ed}$	$extrT_{Ed}$	$odgN_{Ed}$	$extrV_{Ed}$
	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1.1.1	213	46	22	-166	-69	7	-7	117	13	-164
	$_{pot}A_s$=	10.61	cm^2	$_{pot}A_s$=	8.62	cm^2	$_{pot}A_s$=	4.15	cm^2	
1.3.1	***257***	***69***	***5***	-187	-113	10	***-149***	***-171***	***-5***	-194
	$_{pot}A_s$ = 11.25 cm²			$_{pot}A_s$=	9.43	cm^2	***$_{pot}A_s$ = 9.58 cm²***			
2.1.3	144	31	15	-117	-48	5	-7	80	9	-116
2.3.1	-33	-15	0	-33	-15	0	-33	-15	0	-40

У наставку су приложени само прорачуни максималне потребне површине попречне арматуре.

7.2.1 Носивост пресека на савијање

Минимална површина подужне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.26 \cdot \frac{3.2}{500} \cdot 67.5 \cdot 100 = 11.23 cm^2/m$$

Код плоча које носе у једном правцу, површина попречне арматуре не треба да буде мања од 20% површине главне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.3.1.1 (2)).

Бетонска плоча између убетонираних носача СРПС ЕН 1994-2, 6.3.1 (4); Ril 804

	Главна арматура / Reinforcement						Подеона арматура / Secondary reinforcement			
	доња зона / bottom			горња зона / upper			доња зона	горња зона		
$_{max}s$=	<	30	cm	<	30	cm	најмање 2Ø10 по носачу	<	30	cm
$_{мин}Ø$=	>	16	mm	>	12	mm		>	10	mm

7.2.1.1 Бетонска плоча у крајњим пољима / Transverse reinforcement in the end spans

b	100,00	cm					
h	67,50	cm	M_{sds}	92,63	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	$M_{Rd,lim}$	1025,41	kNm		
d	57,00	cm	μ_{sd}	0,015			
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	ω	1,530	%		
			ρ	0,082	%		
M_{sd}	101,00	kNm	ξ	0,062		x	3,51 cm
N_{sd}	-36,00	kN	ζ	0,979			
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	4,65	cm^2		
ε_{c2}	0,66	‰	A_{s2}	0,00	cm^2		

Потребна површина подужне арматуре, која се распоређује у горњу и доњу зону, за пријем утицаја торзије може се одредити из израза (СРПС ЕН 1992-1-1, 6.3.2(3)):

The required cross-sectional area of the additional reinforcement for torsion (SRPS EN 1992-1-1, 6.3.2(3)):

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{177 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (90 + 57.5)}{2 \cdot 90 \cdot 57.5 \cdot 43.48} = 11.6 cm^2$$

$$A_{pot} = 4.65 + 0.5 \cdot 11.6 = 10.45 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 10.45/1 = \pm 10.45 cm^2/m$$

Попречна арматура у првом и последњем распону конструкције, у доњој и горњој зони:

Transverse reinforcement in the first and last span of the structure, in the bottom and upper zone:

Усваја се арматура / Adopted ***Ø16/18*** *(A=11.2cm²/m)*

7.2.1.2 Бетонска плоча изнад средњих ослонаца / Transverse reinforcement at the mid cross girders

b	141,25	cm					
h	67,50	cm	M_{sds}	9,51	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	$M_{Rd,lim}$	1448,39	kNm		
d	57,00	cm	μ_{sd}	0,002			
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	ω	0,192	%		
			ρ	0,009	%		
M_{sd}	13,00	kNm	ξ	0,021		x	1,22 cm
N_{sd}	-15,00	kN	ζ	0,993			
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	0,73	cm^2		
ε_{c2}	0,22	‰	A_{s2}	0,00	cm^2		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{454 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (131.25 + 57.5)}{2 \cdot 131.25 \cdot 57.5 \cdot 43.48} = 26.1 cm^2$$

$$A_{pot} = 0.73 + 0.5 \cdot 26.1 = 13.79 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 13.79/1.4125 = \pm 9.76 cm^2/m$$

Попречна арматура уз средње попречне носаче, у доњој и горњој зони:

Transverse reinforcement at the mid cross girders, in the bottom and upper zone:

Усваја се арматура / Adopted ***Ø16/20*** *(A=10.05cm²/m)*

7.2.1.3 Бетонска плоча у зони средњих ослонаца / Transverse reinforcement along the mid cross girders

Доња зона / Bottom zone

b	110,00	cm					
h	67,50	cm	M_{sds}	179,79	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	$M_{Rd,lim}$	1127,95	kNm		
d	57,00	cm	μ_{sd}	0,025			
f_{cd}	1,98	kN/cm^2	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	43,48	kN/cm^2	ω	2,556	%		
			ρ	0,130	%		
M_{sd}	187,00	kNm	ξ	0,080		x	4,59 cm
N_{sd}	-31,00	kN	ζ	0,972			
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	8,18	cm^2		
ε_{c2}	0,88	‰	A_{s2}	0,00	cm^2		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{153 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (100 + 57.5)}{2 \cdot 100 \cdot 57.5 \cdot 43.48} = 9.64 cm^2$$

$$A_{pot} = 8.18 + 0.5 \cdot 9.64 = 13.0 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 13.0 / 1.1 = 11.82 cm^2 / m$$

Горња зона / Upper zone

b	110,00	cm					
h	67,50	cm	M_{sds}	183,22	kNm		
d_1 (d_2)	6,00	cm	$M_{Rd,lim}$	1642,17	kNm		
d	61,50	cm	μ_{sd}	0,017			
f_{cd}	2,48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm^2	ω	1,768	%		
			ρ	0,088	%		
M_{sd}	181,00	kNm	ξ	0,066		x	4,08 cm
N_{sd}	8,00	kN	ζ	0,977			
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	5,94	cm^2		
ε_{c2}	0,71	‰	A_{s2}	0,00	cm^2		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{145 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (100 + 57.5)}{2 \cdot 100 \cdot 57.5 \cdot 50} = 7.94 cm^2$$

$$A_{pot} = 5.94 + 0.5 \cdot 7.94 = 9.91 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 9.91 / 1.1 = 9 cm^2 / m$$

7.2.1.4 Бетонска плоча у средњем пољу / Transverse reinforcement in the mid spans

Доња зона / Bottom zone

b	110,00	cm					
h	67,50	cm	M_{sds}	255,84	kNm		
d_1 (d_2)	10,50	cm	$M_{Rd,lim}$	1410,65	kNm		
d	57,00	cm	μ_{sd}	0,029			
f_{cd}	2,48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm^2	ω	2,986	%		
			ρ	0,149	%		
M_{sd}	257,00	kNm	ξ	0,087		x	4,98 cm
N_{sd}	-5,00	kN	ζ	0,970			
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	9,36	cm^2		
ε_{c2}	0,96	‰	A_{s2}	0,00	cm^2		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{69 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (100 + 57.5)}{2 \cdot 100 \cdot 57.5 \cdot 50} = 3.78 cm^2$$

$$A_{pot} = 9.36 + 0.5 \cdot 3.78 = 11.25 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 11.25 / 1.1 = 10.23 cm^2 / m$$

Горња зона

b	110,00	cm					
h	67,50	cm	M_{sds}	150,39	kNm		
d_1 (d_2)	6,00	cm	$M_{Rd,lim}$	1642,17	kNm		
d	61,50	cm	μ_{sd}	0,015			
f_{cd}	2,48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje				
f_{yd}	50,00	kN/cm^2	ω	1,530	%		
			ρ	0,072	%		
M_{sd}	149,00	kNm	ξ	0,062		x	3,79 cm
N_{sd}	5,00	kN	ζ	0,979			
ε_{s1}	10,00	‰	A_{s1}	4,90	cm^2		
ε_{c2}	0,66	‰	A_{s2}	0,00	cm^2		

$$\sum A_{sl} = \frac{T_{Ed} \cdot u_k}{2A_k \cdot f_{yd}} \cdot \cot\theta = \frac{171 \cdot 100 \cdot 2 \cdot (100 + 57.5)}{2 \cdot 100 \cdot 57.5 \cdot 50} = 9.37 cm^2$$

$$A_{pot} = 4.90 + 0.5 \cdot 9.37 = 9.58 cm^2 \rightarrow A_{pot} = 9.58 / 1.1 = 8.71 cm^2 / m$$

Попречна арматура у средњем распону конструкције у доњој зони:
Transverse reinforcement in the mid span of the structure in the bottom zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø20/20** (A=15.7cm^2/m)*

Попречна арматура у средњем распону конструкције у горњој зони:
Transverse reinforcement in the mid span of the structure in the upper zone:

*Усваја се арматура / Adopted **Ø16/20** (A=10.05cm^2/m)*

7.2.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

incidenta proračunska situacija

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1\,\sigma_{cp}]\,b_w d$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c=	1,2		
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c=	0,15		
h=	675	mm	
a=	60	mm	
d=	615	mm	
b_w=	1412,5	mm	
k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$			→ k= 1,570
A_{sl}=	14,07	cm^2	
$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$			→ ρ_l= 0,0016
f_{ck}=	35	Mpa	
k_1=	0,15		
V_{Ed}=	249	kN	
N_{Ed}=	-11	kN	
f_{cd}= $\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$=	24,792	Mpa	
σ_{cp}= N_{ed}/A_c=	-0,01	Mpa	→ σ_{cp}< -0,01 Mpa
σ_{cp}< $0.2f_{cd}$=	4,96	Mpa	
$V_{Rd,c}$=	398,78	kN	

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0,4074 → $V_{Rd,c}$= 398,8 kN

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 386,8 kN → $V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 398,8 kN

Носивост бетонсог пресека је довољна за пријем граничних смичућих сила.

Shear resistance of concrete section is sufficient.

Извршена је и контрола попречне арматуре која пролази кроз ребро ваљаних челичних носача за пренос смичуче силе. Меродавни утицаји, за контролу попречне арматуте, јављају се у фиктивним носачима изнад средњег ослонца услед инцидентног оптерећења услед исклизнућа железничких возила.

The control of the transverse reinforcement thath passes through the webs of the steel beams for transmission of shear force was also performed. The relevant shear forces, for the control of the transverse reinforcement, occur above the middle support due to the derailment.

$V_{Ed}=V_{Gk2}+V_{QAd}$= (7-2) + (208+186) = 399kN

$$\Delta A_s = F_{td} / f_{yd} = 399/50 = 7.98 cm^2$$

Потребна арматура за пријем утицаја услед савијања износи 8.08cm^2, приказана у поглављу 7.2.

Усвојена је арматура ***Ø16/20*** односно на ширини 141.25cm 8Ø16=16.08cm^2 > 7.98+8.08=16.06cm^2.

7.3 ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / SERVICEABILITY LIMIT STATE

Меродавни утицаји за контролу напона и прслина приказане су у предходном поглављу.

Internal forces are shown in the Chapter 7.2.

7.3.1 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and crack control

Услед карактеристичне комбинације оптерећења напон притиска треба ограничити на вредност $k_1 f_{ck}=0.6 f_{ck}=0.6 \cdot 35=21$Mpa, док напон затезања у арматури не треба да буде већи од $k_3 f_{yk}=0.8 f_{yk}=0.8 \cdot 500=400$Mpa (СРПС ЕН 1992-1-1, СРПС ЕН 1992-1-1/НА, 7.2 (2) и (5)).

За квази сталну комбинацију оптерећења карактеристична ширина прслина $w_{max}<0.3$mm, напон притиска у бетону треба ограничити на вредност $k_2 f_{ck}=0.45 f_{ck}=15.75$Mpa како би ефекти течења остали у домену линеарног (СРПС ЕН 1992-2, табела 7.101N и СРПС ЕН 1992-1-1, 7.2(3)).

Контрола напона и карактеристичне ширине прслина, извршена је услед карактеристичне комбинације оптерећења за фиктивни носач у пресеку 10, јер се у њему јављају највећи моменти савијања.

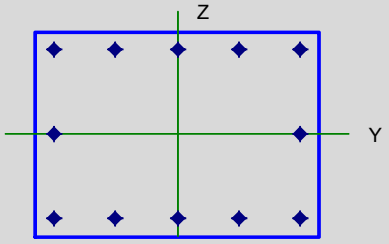
Materials:

f_{ck} =	35	MPa	E_{cm} =	34,1	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,5				
γ_s =	1,15				
a_{cc} =	0,85				

Section Properties:

Height = 675 mm Width = 1100 mm

Concrete section			Transformed section		
A_C =	742500	mm²	A_T =	755807,1	mm²
I_C =	2,8E+10	mm⁴	I_T =	2,92E+10	mm⁴
Y_{bC} =	337,5	mm	Y_{bT} =	336,4617	mm

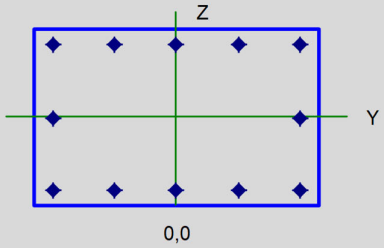


Reinforcing bars:

No.bars = 12 (< 300)
Σ(As) = 2733 mm²
ΣAs/Ac = 0,00368
Concrete cover = 40 mm
Spiral/Stirrup dia. = 8 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	314	-477,00	58,00
2	314	-238,50	58,00
3	314	0,00	58,00
4	314	238,50	58,00
5	314	477,00	58,00
6	79	-477,00	336,00
7	79	477,00	336,00
8	201	-477,00	614,00
9	201	-238,50	614,00
10	201	0,00	614,00
11	201	238,50	614,00
12	201	477,00	614,00

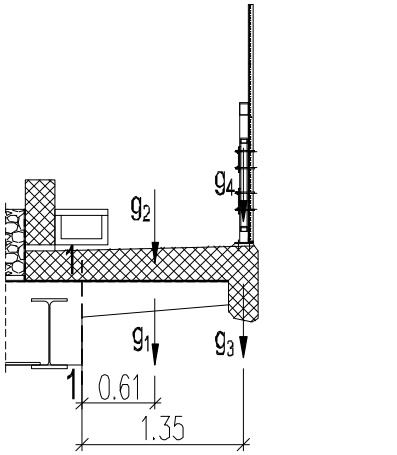
SLS Loads	P =	-15	kN	(+ for compression)	
	M =	144	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	35	MPa		Solved
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa		
	Creep factor, Ct =	0,7			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9,98	
Results of SLS analysis					
	Neutral axis from compression edge, x =	114,9	mm		
	Maximum concrete stress, fc.max =	3,67	MPa		
	Maximum steel stress, fs.max =	160,1	MPa		
	at y_{st} =	617	mm		
	Number of bars in tension =	7			
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	591,6	mm		
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0002			
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1,6E-06	mm^{-1}		
Crack width calculations					
	Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
	bar diameter, d_b =	20	mm		
	Clear cover, c =	42	mm		
	Bar spacing S =	200	mm	≤ 5(clr+db/2) = 260 mm	OK
	Bond coefficient	k_1 =	0,8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)	
	Strain distribution coefficient	k_2 =	0,5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)	
		k_3 =	3,4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)	
		k_4 =	0,425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)	
	Load duration coefficient	k_t =	0,4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)	
	Total section height, H =	675,0	mm		
	h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	669,0	mm	Section height adjusted for concrete cover	
	$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	184,7	mm		
	$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	203166	mm^2		
	A_{st} =	1728	mm^2		
	$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0085			
Max. crack spacing	$S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	542,5	mm		(7.11)
	$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	822,9	mm	min of = 542,5 mm	(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains					
	$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	5,87			
	$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00048			(7.9)
	$0.6f_s/E_s$ =	0,00048		max of = $e_{sm}-e_{cm}$ = 0,00048	
	Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,26**	**mm**		(7.8)
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,26 mm**	**≤ 0,3 mm**		**OK**



Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени.
The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

8 КОНЗОЛА РЕВИЗИОНЕ СТАЗЕ / DECK CANTILEVERS

8.1 АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА / ACTIONS



Стално оптерећење / Permanent loads

Тежина конзоле:

g_1=0.306·25=7.65kN/m m_1=7.65·0.61=4.68kNm/m

Тежина ревизионе стазе:

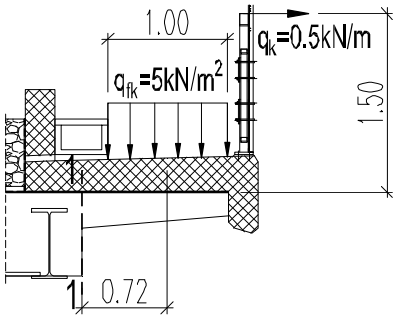
g_2=0.33·25=8.25kN/m m_2=8.25·0.61=5.05kNm/m

Тежина ивичног парапета:

g_3=0.154·25=3.85kN/m m_3=3.85·1.35=5.20kNm/m

Тежина ограде са заштитном мрежом:

g_4=1.00kN/m m_4=1.0·1.35=1.35kNm/m



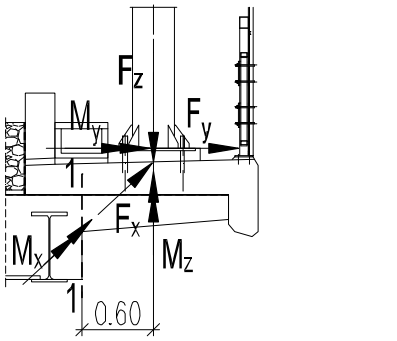
Корисо оптерећење / Live load

Корисни оптерећење на ревизионим стазама:

g_{fk}=5·1=5kN/m m_{qfk}=5·0.72=3.6kNm/m

Хоризонтално оптерећење на ограду према СРПС ЕН 1991-1-1, Табела 6.12 за категорије Б и Ц1 (ЕН 1991-2, 6.3.7 (4)) износи:

g_k=0.5kN/m m_{qk}=0.5·1.5=0.75kNm/m



Тежина портала контактне мреже / Weight of the OCS:

Fx=±15kN Fy=25kN Fz=100kN

Mx=20kN My=±40kN Mz=±10kN

Оптерећење услед ветра на портал контактне мреже / Wind action on the OCS:

Fx=23kN Fy=30kN Fz=100kN

Mx=120kN My=80kN

8.2 КОНТРОЛА ГРАНИЧНЕ НОСИВОСТИ / ULTIMATE LIMIT STATES

Пресек 1 -1

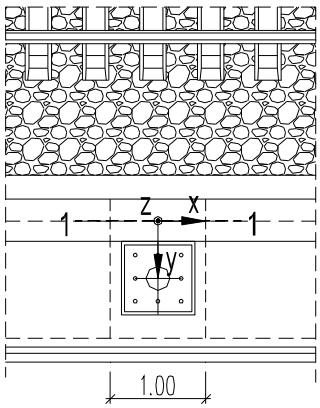
Комбинације дејства за сталне или пролазне прорачунске ситуације (Основне комбинације)

Смичућа сила $V_{Ed} = 1.35 \cdot (G_{k1} + G_{k2}) + 1.5 \cdot q_{fk} = 1.35 \cdot (7.65 + 8.25 + 3.85 + 1) + 1.5 \cdot 5 = 35.5 kN/m$

Моменат савијања $M_{Ed} = 1.35 \cdot (G_{k1} + G_{k2}) + 1.5 \cdot q_{fk} = 1.35 \cdot (4.68 + 5.05 + 5.2 + 1.5) + 1.5 \cdot (3.6 + 0.75) = 28.5 kNm/m$

Нормална сила $N_{Ed} = 1.5 \cdot q_{fk} = 1.5 \cdot 0.75 = 1.13 kN/m$

<u>Пресек 1 -1</u> – локално у зони портала контактне мреже / locally at the OCS



Вертикална смичућа сила

$$V_{z,Ed} = 1.35 \cdot (G_{k1} + G_{k2} + F_{z,OCS}) + 1.5 F_{z,w,OCS} = 1.35 \cdot (20.75 + 100) + 1.5 \cdot 100 = 313 kN$$

Хоризонтална смичућа сила

$$V_{x,Ed} = 1.35 \cdot F_{x,OCS} + 1.5 \cdot F_{x,w,OCS} = 1.35 \cdot 15 + 1.5 \cdot 23 = 55 kN$$

Нормална сила

$$N_{Ed} = 1.35 \cdot F_{y,OCS} + 1.5 \cdot F_{y,w,OCS} = 1.35 \cdot 25 + 1.5 \cdot 30 = 79 kN$$

Моменати савијања

$$M_{x,Ed} = 1.35 \cdot (G_{k1} + G_{k2} + M_{x,OCS}) + 1.5 \cdot M_{x,w,OCS} = 1.35 \cdot (16.28 + 20) + 1.5 \cdot 120 = 229 kNm$$

$$M_{z,Ed} = 1.35 \cdot (M_{z,OCS}) = 1.35 \cdot (10) = 13.5 kNm$$

Моменат торзије

$$T_{Ed} = 1.35 \cdot M_{y,OCS} + 1.5 \cdot M_{y,w,OSC} = 1.35 \cdot 40 + 1.5 \cdot 80 = 174 kNm$$

8.2.1 Носивост пресека на савијање / Design bending resistance

Минимална и максимална површина арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.26 \cdot \frac{3.2}{500} \cdot 30 \cdot 100 = 4.99 cm^2/m$$

$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 30 \cdot 100 = 120 cm^2/m$

Код плоча које носе у једном правцу, површина попречне арматуре не треба да буде мања од 20% површине главне арматуре (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.3.1.1 (2)).

<u>Пресек 1 -1</u> – прорачун потребне арматуре

b	100.00	cm				
h	30.00	cm				
d_1 (d_2)	4.00	cm	**M_{sds}**	28.38	kNm	
d	26.00	cm	**$M_{Rd,lim}$**	266.82	kNm	
			μ_{sd}	0.017		
f_{cd}	2.48	kN/cm^2	Jednostruko armiranje			
f_{yd}	50.00	kN/cm^2	ω	1.768	%	
			ρ	0.087	%	
M_{sd}	28.50	kNm	ξ	0.066		x 1.73 cm
N_{sd}	-1.13	kN	ζ	0.977		
ε_{s1}	10.00	‰	**A_{s1}**	2.26	cm^2	
ε_{c2}	0.71	‰	**A_{s2}**	0.00	cm^2	

*<u>Усваја се арматура **±Ø16/20** (A=10.05cm²/m)</u>*

<u>Пресек 1 -1</u> – локално у зони портала контактне мреже

b	100.00	cm	**f_{cd}**	1.98	kN/cm^2
h	30.00	cm	**f_{yd}**	43.48	kN/cm^2
d_1 (d_2)	4.00	cm	**M_{sd}**	229.00	kNm
d	26.00	cm	**N_{sd}**	-79.00	kN

			Dvostruko armiranje			
ε_{s1}	10.00	‰	ω	17.840	%	
ε_{c2}	3.50	‰	ρ	0.937	%	
M_{sds}	220.31	kNm	ξ	0.259		x 6.74 cm
$M_{Rd,lim}$	213.35	kNm	ζ	0.892		
μ_{sd}	0.159		A_{s1}	23.66	cm^2	
			A_{s2}	0.69	cm^2	

Додатна арматура у горњој зону конзоле ревизионе стазе, локално у ширини од 1m уз стубове портала контзакне мреже, усваја се арматура ***Ø20/20.***

Additional reinforcement at the OCS ***Ø20/20.***

Укупна арматура у горњој зони уз портал контакне мреже ***±Ø16/20+ Ø20/20*** *(A=25.75cm²/m)*

8.2.2 Носивост пресека на смицање и торзију / Design shear resistance

Пресек 1 -1

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

incidenta proračunska situacija

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45) γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1.2

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0.15

h= 300 mm

a= 40 mm

d= 260 mm

b_w= 1000 mm

k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1.877

A_{sl}= 10.05 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0.0039

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0.15

V_{Ed}= 35.50 kN

N_{Ed}= -1.13 kN

f_{cd}= $\alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$= 24.792 Mpa

σ_{cp}= N_{ed}/A_c= 0.00 Mpa

σ_{cp}< 0.2f_{cd}= 4.96 Mpa

→ σ_{cp}< 0.00 Mpa

$V_{Rd,c}$= 201.10 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0.5325

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 159.6 kN

→$V_{Rd,c}$= 201.1 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 201.1 kN

НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

Пресек 1 -1 – локално у зони портала контактне мреже

Укупна смичућа сила $V_{Ed}^{1-1} = \sqrt{313^2 + 55^2} = 318kN$

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

incidenta proračunska situacija

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck})$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C35/45 (MB 40/45)

γ_{Bd1}= 1

γ_c= 1.2

$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c= 0.15

h= 300 mm

a= 40 mm

d= 260 mm

b_w= 1000 mm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$ → k= 1.877

A_{sl}= 25.75 cm^2

$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$ → ρ_l= 0.0099

f_{ck}= 35 Mpa

k_1= 0.15

V_{Ed}= 317.00 kN

N_{Ed}= -79.00 kN

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck}/\gamma_c$= 24.792 Mpa

$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c$= -0.26 Mpa

$\sigma_{cp} < 0.2 f_{cd}$= 4.96 Mpa

→ σ_{cp}< -0.26 Mpa

$V_{Rd,c}$= 263.56 kN

$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ = 0.5325

$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ = 147.9 kN

→$V_{Rd,c}$= 263.6 kN

→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 263.6 kN

ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

усвајају се четворосечне узенгије ***Ø10/15*** *(6.28cm²)*

ПРОРАЧУН НОСИВОСТИ АРМАТУРЕ ЗА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.3)

α= 90

θ= 45

ctgθ= 1.000 $1 \le \mathrm{ctg}\,\theta \le 2{,}5$

$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z\, f_{ywd}\, ctg\theta$

$V_{Rd,max} = \alpha_{cw}\, b_w\, z\, \nu_1\, f_{cd}/(c$

A_{sw}= 6.28 cm^2

s= 10 cm

ν_1=ν= 0.516

B500B

γ_s= 1

f_{ywd}= 500 MPa

$V_{Rd,s}$= 587.808 kN

α_{cw}= 1

$V_{rd,max}$= 1496.72

→$V_{Rd,s}$= 587.8 kN

→$V_{Rd,s}/\gamma_{Bd1}$= 587.8 kN

АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ ЈЕ ДОВОЉНА ЗА ПРИХВАТАЊЕ СИЛЕ

Арматура потребна за пријем момената торзије:

The area of the sher reinforcement for torsion (SRPS EN 1992-1-1, 6.3.2(3)):

$$A_{sw} = \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k \cdot f_{yd}} \cdot s \cdot tg\theta = \frac{174 \cdot 100}{2 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 43.48} \cdot 10 \cdot 1 = 1.11 cm^2$$

Носивост усвојених узенгија Ø10/15 на торзију

$$T_{Rd} = \frac{6.28 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 90 \cdot 43.48}{10 \cdot 1 \cdot 100} = 983 kNm$$

Максимална ефективна арматура за смицање мора задовољити услов:

$$\frac{A_s \cdot f_{yw}}{b_w \cdot s} = \frac{6.28 \cdot 0.8 \cdot 43.48}{100 \cdot 10}.218 \leq \frac{0.5 \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\sin\alpha} = \frac{0.5 \cdot 1 \cdot 0.516 \cdot 1.98}{\sin 90} = 0.51$$ - услов задовољен

Пресек изложен смичућим силама и моментима торзије мора задовољити услов:

The resistance of a member subjected to torsion and shear:

$T_{Ed} / T_{Rd,\max} + V_{Ed} / V_{Rd,\max} = 174/983 + 318/588 = 0.72 < 1$ - услов задовољен / resistance is satisfied

8.3 ГРАНИЧНО СТАЊЕ УПОТРЕБЉИВОСТИ / / SERVICEABILITY LIMIT STATE

Меродавни утицаји за контролу напона и карактеристичне ширине прсина јављају се у зони стуба портала контакне мреже.

Карактеристична комбинација

$M_{Ed} = 16.28 + 20 + 120 = 156 kNm$ $N = 25 + 30 = 55 kN$

Квази стална комбинација

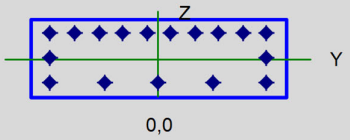
$M_{Ed} = 16.28 + 20 = 36 kNm$ $N = 25 kN$

Контрола напона и карактеристичне ширине прслина, извршена је услед карактеристичне комбинације оптерећења.

SLS Loads	P =	-55	kN	(+ for compression)
	M =	-156	kNm	(+ for tension on the bottom)
Materials				
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa
	f_{ck} =	35	MPa	
	f_{cm} =	43	MPa	E_{cm} = 34077 MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	3,21	MPa	
	Creep factor, Ct =	0,7		
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	20045	MPa	E_s/E_{ctm}= 9,98
Results of SLS analysis				
	Neutral axis from compression edge, x =	86,2	mm	
	Maximum concrete stress, fc.max =	15,00	MPa	
	Maximum steel stress, fs.max =	286,3	MPa	
	at y_{st} =	251	mm	
	Number of bars in tension =	12		
	Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	245,3	mm	
	Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0007		
	Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	8,7E-06	mm^{-1}	
Crack width calculations				
	Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm	
	bar diameter, d_b =	18	mm	
	Clear cover, c =	40	mm	
	Bar spacing S =	100	mm ≤ 5(clr+db/2) =	245 mm OK
	Bond coefficient	k_1 = 0,8		(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
	Strain distribution coefficient	k_2 = 0,5		(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
		k_3 = 3,4		(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
		k_4 = 0,425		(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
	Load duration coefficient	k_t = 0,4		(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)
	Total section height, H =	300,0	mm	
	h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	300,0	mm	Section height adjusted for concrete cover
	$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	71,3	mm	
	$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	71271	mm^2	
	A_{st} =	2698	mm^2	
	$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0379		

Calculate stresses

Solved

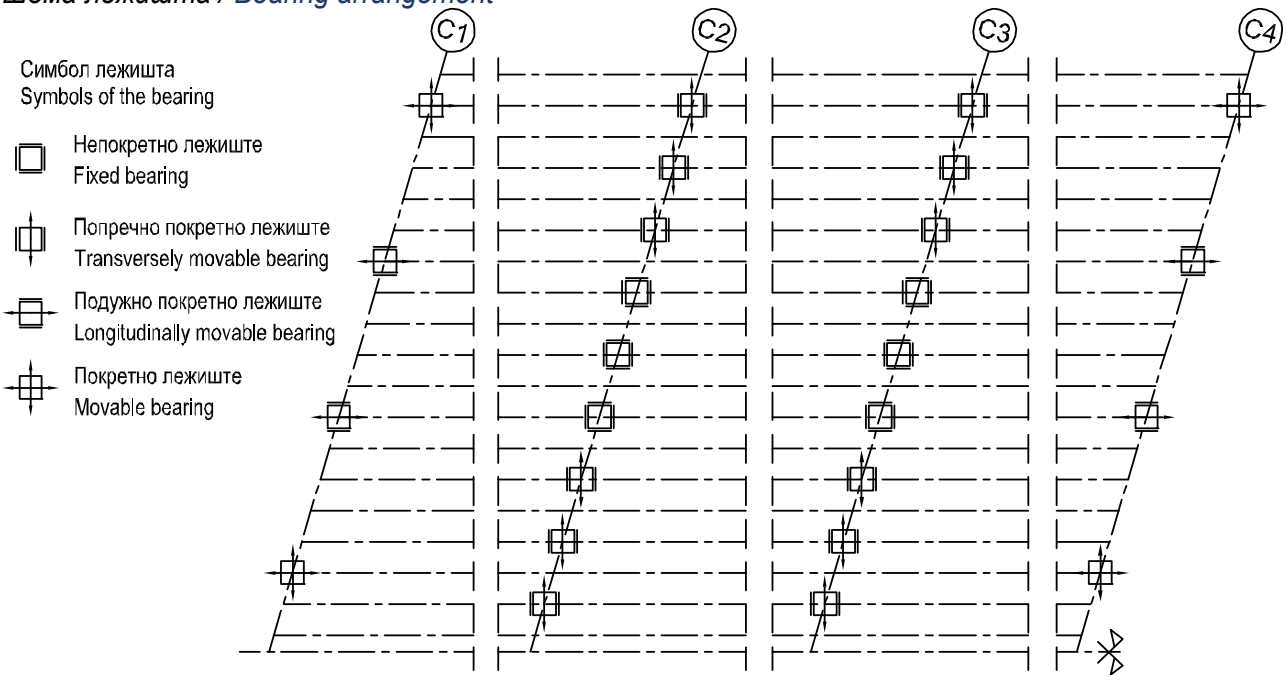


Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	216,8 mm			(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	338,0 mm	min of =	216,8 mm	(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains				
$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	5,87			
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_t f_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00122	(7.9)		
$0.6f_s/E_s$ =	0,00086	max of =	$e_{sm}-e_{cm}$ =	0,001224
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,27 mm**	(7.8)		
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,27 mm**	**≤ 0,3 mm**	**OK**

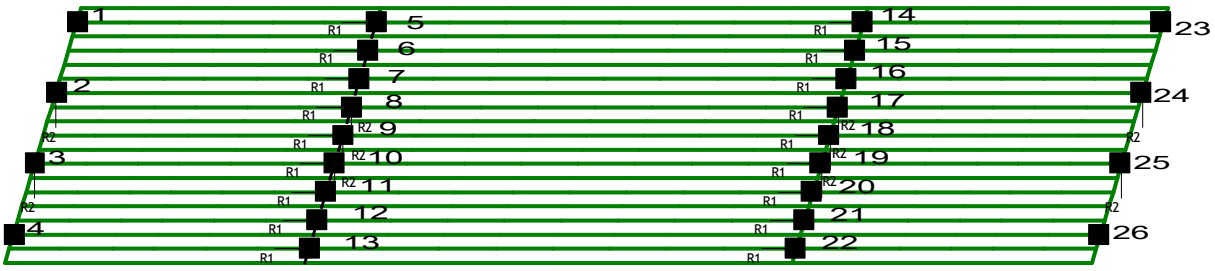
Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени.
The stress limitation and the maximum crack width limitation are satisfied.

9 ЛЕЖИШТА / BEARINGS

Шема лежишта / Bearing arrangement



Лева конструкција – ознаке лежишта / Left structure – bearings No.



Подужне хоризонталне реакције у непокретним лежиштима узимајући у обзир интеракцију између шина и конструкције / Longitudinal reactions at fixed bearings taking into account track/bridge interaction

Хоризонталне реакције по једном (од укупно девет на једној конструкцији моста) непокретном лежишту моста на једном (од укупно два) средњем стубу услед интеракције колосек - мост:

Лева/Десна конструкција моста:

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**±89,96 kN**	**±89,68 kN**
Убрзање + Кочење воза	**+43,18 kN**	**+31,39 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**±10,96 kN**	**±10,98 kN**
Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже. Напомена 2: За димензионисање лежишта моста узима се комбиновани утицај силе убрзања, силе кочења и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза. Напомена 3: За димензионисање стубова моста узима се комбиновани утицај силе убрзања, силе кочења и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.		

9.1 КОМБИНАЦИЈЕ ОПТЕРЕЋЕЊА / COMBINATION OF ACTIONS

Основна комбинација оптерећења (ULS) / Fundamental combination (ULS)

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.1	$1.35 \text{ ili } 1(G_{k,1}+G_{k,2})+S+1.45(Q_{k,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk})+1.5(0.75F_{wk,train}+0.6T_k+0.8q_{fk})$

Карактеристична комбинација оптерећења (SLS) / Characteristic combination (SLS)

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
2.1	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+(Q_{v,1}+Q_{lak}+0.5Q_{sk})+(0.75F_{wk,train}+0.8q_{fk}+0.6T_k)$

Комбинације за сеизмичке прорачунске ситуације / Combinations for seismic design situations

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.2	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+A_{Ed}+(0.5T_k)$

Комбинације за инцидентне прорачунске ситуације / Combinations for accidental design situations

Бр. комб.	*Комбинације оптерећења*
1.3	$(G_{k,1}+G_{k,2})+S+Q_{Ad}$

9.2 РЕАКЦИЈЕ ЛЕЖИШТА / BEARING REACTIONS

9.2.1 Подужно покретна лежишта / Longitudinally movable bearings

Реакције лежишта за појединачна оптерећења

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		G_{k1}			$m_{t,konz}$	G_{k2} (+30%)			G_{k2} (-30%)			стално оптерећење G		
C1	1	*	*	240	0	*	*	216	*	*	123	*	*	456
	2	*	0	214	1	*	0	196	*	0	113	*	0	411
	3	*	0	249	-14	*	0	201	*	0	108	*	0	436
	4	*	*	171	41	*	*	271	*	*	216	*	*	483
C4	23	*	*	238	1	*	*	150	*	*	86	*	*	389
	24	*	0	216	-7	*	0	128	*	0	70	*	0	337
	25	*	0	248	-11	*	0	154	*	0	90	*	0	391
	26	*	*	172	41	*	*	227	*	*	188	*	*	440

стуб/ pier	Лежиште	maxR1 [kN]	maxR2 [kN]	maxR3 [kN]	odgR1 [kN]	odgR2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		саобраћајно оптерећење $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_v + \alpha \cdot Q_{tk}$						anvelopa $\alpha \cdot 0.6 \cdot Qlak$			anvelopa $0.5 \cdot \alpha \cdot Q_{sk}$		
C1	1	*	*	818	*	*	-271	*	*	8	*	*	2
	2	*	148	812	*	-79	-154	*	12	21	*	75	1
	3	*	116	722	*	-66	-168	*	18	14	*	80	2
	4	*	*	388	*	*	-143	*	*	17	*	*	0
C4	23	*	*	844	0	0	-228	*	*	6	*	*	2
	24	*	129	857	0	-73	-160	*	15	20	*	79	0
	25	*	127	738	0	-27	-177	*	12	15	*	77	0
	26	*	*	437	0	*	-200	*	*	18	*	*	1

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		To(47°) (-To(-27°)-S)			q_{fk}			Fwx,train		
C1	1	*	*	0	*	*	29	*	*	10
	2	*	13	0	*	0	-6	*	15	32
	3	*	13	0	*	0	-1	*	15	10
	4	*	*	0	*	*	-1	*	*	3
C4	23	*	*	0	*	*	27	*	*	10
	24	*	13	0	*	0	-4	*	13	32
	25	*	13	0	*	0	-5	*	16	10
	26	*	*	0	*	*	-2	*	*	3

стуб/ pier	Лежиште	maxR1 [kN]	maxR2 [kN]	maxR3 [kN]	odgR1 [kN]	odgR2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		анвелопа $A_d+0.8Q_{k,1}$						$(A_{Ed}+E_{Ed})$		
C1	1	*	*	975	*	*	-296	*	*	85
	2	*	66	1109	*	35	-224	*	392	117
	3	*	65	982	*	35	-191	*	392	107
	4	*	*	834	*	*	-243	*	*	98
C4	23	*	*	975	0	0	-296	*	*	84
	24	*	66	1109	0	35	0	*	392	116
	25	*	65	982	0	35	0	*	392	109
	26	*	*	834	0	*	0	*	*	98

Реакције и померања лежишта за наведене комбинације оптерећења

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		ULS ком. / com. 1.1 **maxR3**					*ULS ком. / com. 1.1* **minR3**				
C1	1	*	*	***1862***	17	2	*	*	***-56***	21	-1
	2	*	369	1800	17	2	*	-269	30	21	-1
	3	*	339	1670	17	2	*	-266	63	21	-1
	4	*	*	1243	17	2	*	*	192	21	-1
C4	23	*	*	1804	17	2	*	*	-28	21	-1
	24	*	350	1763	17	2	*	-268	-22	21	-1
	25	*	343	1631	17	2	*	-198	31	21	-1
	26	*	*	1259	17	2	*	*	78	21	-1

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		SLS ком. / com. 2.1 ***maxR3***					*SLS ком. / com. 2.1* ***minR3***				
C1	1	*	*	1315	17	2	*	*	74	21	-1
	2	*	254	1264	17	2	*	-177	123	21	-1
	3	*	233	1180	17	2	*	-175	150	21	-1
	4	*	*	890	17	2	*	*	265	21	-1
C4	23	*	*	1270	17	2	*	*	82	21	-1
	24	*	241	1238	17	2	*	-177	72	21	-1
	25	*	236	1151	17	2	*	-128	123	21	-1
	26	*	*	898	17	2	*	*	178	21	-1

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Seismic ком. / com. 1.2 **maxR3**					*Seismic ком. / com. 1.2* **minR3**				
C1	1	*	*	541	40	0	*	*	278	-37	0
	2	*	***399***	528	***40***	0	*	-399	211	-37	0
	3	*	399	543	40	0	*	-399	236	-37	0
	4	*	*	581	40	0	*	*	330	-37	0
C4	23	*	*	473	40	0	*	*	241	-37	0
	24	*	399	453	40	0	*	-399	163	-37	0
	25	*	399	500	40	0	*	-399	218	-37	0
	26	*	*	538	40	0	*	*	303	-37	0

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Accidental ком. / com. 1.3 **maxR3**					*Accidental ком. / com. 1.3* **minR3**				
C1	1	*	*	1431	2	3	*	*	67	1	2
	2	*	66	1520	2	***3***	*	35	104	1	2
	3	*	65	1418	2	3	*	35	152	1	2
	4	*	*	1318	2	3	*	*	185	1	2
C4	23	*	*	1364	2	3	*	*	29	1	2
	24	*	66	1446	2	3	*	35	279	1	2
	25	*	65	1373	2	3	*	35	327	1	2
	26	*	*	1274	2	3	*	*	401	1	2

9.2.2 Подужно непокретна лежишта / Fixed bearings

Реакције лежишта за појединачна оптерећења

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		G_{k1}			$m_{t,konz}$	G_{k2} (+30%)			G_{k2} (-30%)			стално оптерећење G		
C2	5	0	*	575	-2	0	*	442	0	*	252	0	*	1015
	6	0	*	282	-3	0	*	264	0	*	154	0	*	543
	7	0	*	417	-2	0	*	321	0	*	188	0	*	736
	8	0	0	384	-3	0	0	318	0	0	187	0	0	699
	9	0	0	394	-2	0	0	323	0	0	192	0	0	715
	10	0	0	383	-3	0	0	335	0	0	205	0	0	715
	11	0	*	419	13	0	*	357	0	*	229	0	*	789
	12	0	*	276	-44	0	*	259	0	*	151	0	*	491
	13	0	*	587	173	0	*	866	0	*	709	0	*	1626
C3	14	0	*	577	-9	0	*	359	0	*	191	0	*	927
	15	0	*	280	1	0	*	245	0	*	150	0	*	526
	16	0	*	417	-3	0	*	288	0	*	173	0	*	702
	17	0	0	384	-2	0	0	286	0	0	172	0	0	668
	18	0	0	393	-1	0	0	292	0	0	178	0	0	684
	19	0	0	385	0	0	0	306	0	0	193	0	0	691
	20	0	*	417	16	0	*	330	0	*	219	0	*	763
	21	0	*	276	-29	0	*	248	0	*	155	0	*	495
	22	0	*	588	158	0	*	791	0	*	653	0	*	1537

стуб/ pier	Лежиште	maxR1 [kN]	maxR2 [kN]	maxR3 [kN]	odgR1 [kN]	odgR2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		саобраћајно оптерећење $\alpha \cdot \Phi 3 \cdot Q_v + \alpha \cdot Q_{tk}$						anvelopa $\alpha \cdot 0.6 \cdot Qlak$			anvelopa $0.5 \cdot \alpha \cdot Q_{sk}$		
C2	5	147	*	1411	8	*	-198	57	*	12	34	*	5
	6	55	*	871	1	*	-25	95	*	10	12	*	3
	7	46	*	1054	0	*	-28	118	*	12	18	*	2
	8	58	277	937	36	178	-27	69	5	8	6	73	2
	9	17	81	775	9	47	-26	57	2	7	6	14	1
	10	47	244	731	29	171	-26	81	5	9	6	71	2
	11	32	*	701	4	*	-26	146	*	13	13	*	1
	12	21	*	567	3	*	-46	113	*	11	6	*	3
	13	117	*	588	72	*	-142	70	*	12	48	*	4
C3	14	110	*	1143	70	*	-138	55	*	10	34	*	5
	15	29	*	864	9	*	-25	95	*	9	12	*	3
	16	36	*	1032	4	*	-29	118	*	11	18	*	2
	17	54	252	951	35	176	-28	69	7	8	6	75	2
	18	17	86	790	11	47	-28	56	2	7	6	14	1
	19	53	251	750	36	170	-28	80	8	7	6	76	2
	20	31	*	721	2	*	-28	146	*	13	13	*	1
	21	32	*	610	4	*	-29	113	*	11	6	*	3
	22	123	*	679	70	*	-298	67	*	11	48	*	4

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		To(47°) (-To(-27°)-S)			q_{fk}			Fwx,train		
C2	5	90	*	0	0	*	102	18	*	40
	6	90	*	0	0	*	-5	6	*	22
	7	90	*	0	0	*	5	4	*	31
	8	90	20	0	0	0	0	4	37	54
	9	90	20	0	0	0	-1	3	11	10
	10	90	20	0	0	0	-2	3	35	35
	11	90	*	0	0	*	-3	1	*	11
	12	90	*	0	0	*	-3	3	*	8
	13	90	*	0	0	*	-5	37	*	7
C3	14	90	*	0	0	*	95	18	*	40
	15	90	*	0	0	*	-1	6	*	22
	16	90	*	0	0	*	7	4	*	31
	17	90	20	0	0	0	2	4	35	54
	18	90	20	0	0	0	0	3	11	10
	19	90	20	0	0	0	-1	3	37	35
	20	90	*	0	0	*	-2	1	*	11
	21	90	*	0	0	*	-1	3	*	8
	22	90	*	0	0	*	-12	37	*	7

стуб/ pier	Лежиште	maxR1 [kN]	maxR2 [kN]	maxR3 [kN]	odgR1 [kN]	odgR2 [kN]	minR3 [kN]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]
		анвелопа $A_d+0.8Q_{k,1}$						$(A_{Ed}+E_{Ed})$		
C2	5	77	*	2181	40	*	-306	333	*	306
	6	36	*	1201	0	*	-34	333	*	175
	7	27	*	1287	1	*	-37	333	*	211
	8	29	145	1171	0	79	-33	333	737	209
	9	12	54	1008	0	19	-33	333	737	208
	10	29	139	1224	0	79	-34	333	737	207
	11	30	*	921	0	*	-39	333	*	204
	12	16	*	802	-2	*	-74	333	*	171
	13	57	*	936	-68	*	-194	333	*	254
C3	14	77	*	2181	40	*	-306	333	*	302
	15	36	*	1201	0	*	-34	333	*	176
	16	27	*	1287	1	*	-37	333	*	211
	17	29	145	1171	0	79	-33	333	737	210
	18	12	54	1008	0	19	-33	333	737	209
	19	29	139	1224	0	79	-34	333	737	208
	20	30	*	921	0	*	-39	333	*	205
	21	16	*	802	-2	*	-74	333	*	173
	22	57	*	936	-68	*	-194	333	*	251

Реакције лежишта за наведене комбинације оптерећења

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		ULS ком. / com. 1.1 **maxR3**					*ULS ком. / com. 1.1* **minR3**				
C2	5	446	*	***3608***	*	6	-222	*	468	*	0
	6	323	*	2039	*	6	-241	*	347	*	0
	7	349	*	2576	*	6	-283	*	513	*	0
	8	278	574	2378	*	6	-142	85	454	*	0
	9	200	171	2112	*	6	-163	15	522	*	0
	10	279	521	2081	*	6	-168	80	490	*	0
	11	359	*	2114	*	6	-307	*	587	*	0
	12	287	*	1514	*	6	-253	*	283	*	0
	13	463	*	3079	*	6	-189	*	1226	*	0
C3	14	390	*	3090	*	6	33	*	492	*	0
	15	285	*	2005	*	6	-230	*	351	*	0
	16	335	*	2497	*	6	-277	*	499	*	0
	17	273	542	2356	*	6	-144	79	441	*	0
	18	199	178	2092	*	6	-158	15	507	*	0
	19	286	545	2072	*	6	-157	65	483	*	0
	20	358	*	2108	*	6	-310	*	576	*	0
	21	303	*	1582	*	6	-251	*	330	*	0
	22	468	*	3089	*	6	-188	*	923	*	0

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		SLS ком. / com. 2.1 ***maxR3***					*SLS ком. / com. 2.1* ***minR3***				
C2	5	306	*	2555	*	6	-97	*	580	*	0
	6	221	*	1443	*	6	-111	*	374	*	0
	7	239	*	1827	*	6	-139	*	541	*	0
	8	190	395	1687	*	6	-42	72	491	*	0
	9	136	117	1505	*	6	-56	23	542	*	0
	10	190	358	1483	*	6	-60	69	520	*	0
	11	246	*	1512	*	6	-156	*	610	*	0
	12	196	*	1078	*	6	-118	*	314	*	0
	13	317	*	2235	*	6	-74	*	1302	*	0
C3	14	267	*	2191	*	6	-33	*	576	*	0
	15	195	*	1419	*	6	-103	*	377	*	0
	16	229	*	1770	*	6	-135	*	527	*	0
	17	186	372	1670	*	6	-43	68	477	*	0
	18	135	122	1490	*	6	-53	23	527	*	0
	19	195	375	1476	*	6	-52	58	514	*	0
	20	245	*	1506	*	6	-158	*	600	*	0
	21	207	*	1125	*	6	-117	*	352	*	0
	22	320	*	2236	*	6	-73	*	1071	*	0

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Seismic ком. / com. 1.2 **maxR3**					*Seismic ком. / com. 1.2* **minR3**				
C2	5	378	*	1321	40	0	-378	*	519	-37	0
	6	378	*	718	40	0	-378	*	258	-37	0
	7	378	*	947	40	0	-378	*	392	-37	0
	8	378	747	908	40	0	-378	-747	359	-37	0
	9	378	747	923	40	0	-378	-747	376	-37	0
	10	378	747	922	40	0	-378	-747	378	-37	0
	11	378	*	993	40	0	-378	*	457	-37	0
	12	378	*	662	40	0	-378	*	212	-37	0
	13	378	*	1880	40	0	-378	*	1215	-37	0
C3	14	378	*	1229	40	0	-378	*	457	-37	0
	15	378	*	702	40	0	-378	*	255	-37	0
	16	378	*	913	40	0	-378	*	376	-37	0
	17	**378**	**747**	878	**40**	0	-378	-747	344	-37	0
	18	378	747	893	40	0	-378	-747	361	-37	0
	19	378	747	899	40	0	-378	-747	370	-37	0
	20	378	*	968	40	0	-378	*	447	-37	0
	21	378	*	668	40	0	-378	*	229	-37	0
	22	378	*	1788	40	0	-378	*	1148	-37	0

стуб/ pier	Лежиште	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [rad]	R1 [kN]	R2 [kN]	R3 [kN]	xp [mm]	yr [10^{-3}rad]
		Accidental ком. / com. 1.3 **maxR3**					*Accidental ком. / com. 1.3* **minR3**				
C2	5	77	*	3196	2	3	40	*	519	1	2
	6	36	*	1744	2	3	0	*	399	1	2
	7	27	*	2023	2	3	1	*	565	1	2
	8	29	145	1870	2	3	0	79	536	1	2
	9	12	54	1722	2	3	0	19	551	1	2
	10	29	139	1939	2	3	0	79	551	1	2
	11	30	*	1710	2	3	0	*	622	1	2
	12	16	*	1293	2	3	-2	*	309	1	2
	13	57	*	2562	2	3	-68	*	1275	1	2
C3	14	77	*	3108	2	3	40	*	453	1	2
	15	36	*	1727	2	3	0	*	397	1	2
	16	27	*	1989	2	3	1	*	550	1	2
	17	29	145	1839	2	**3**	0	79	521	1	2
	18	12	54	1692	2	3	0	19	537	1	2
	19	29	139	1915	2	3	0	79	543	1	2
	20	30	*	1684	2	3	0	*	613	1	2
	21	16	*	1297	2	3	-2	*	328	1	2
	22	57	*	2473	2	3	-68	*	1205	1	2

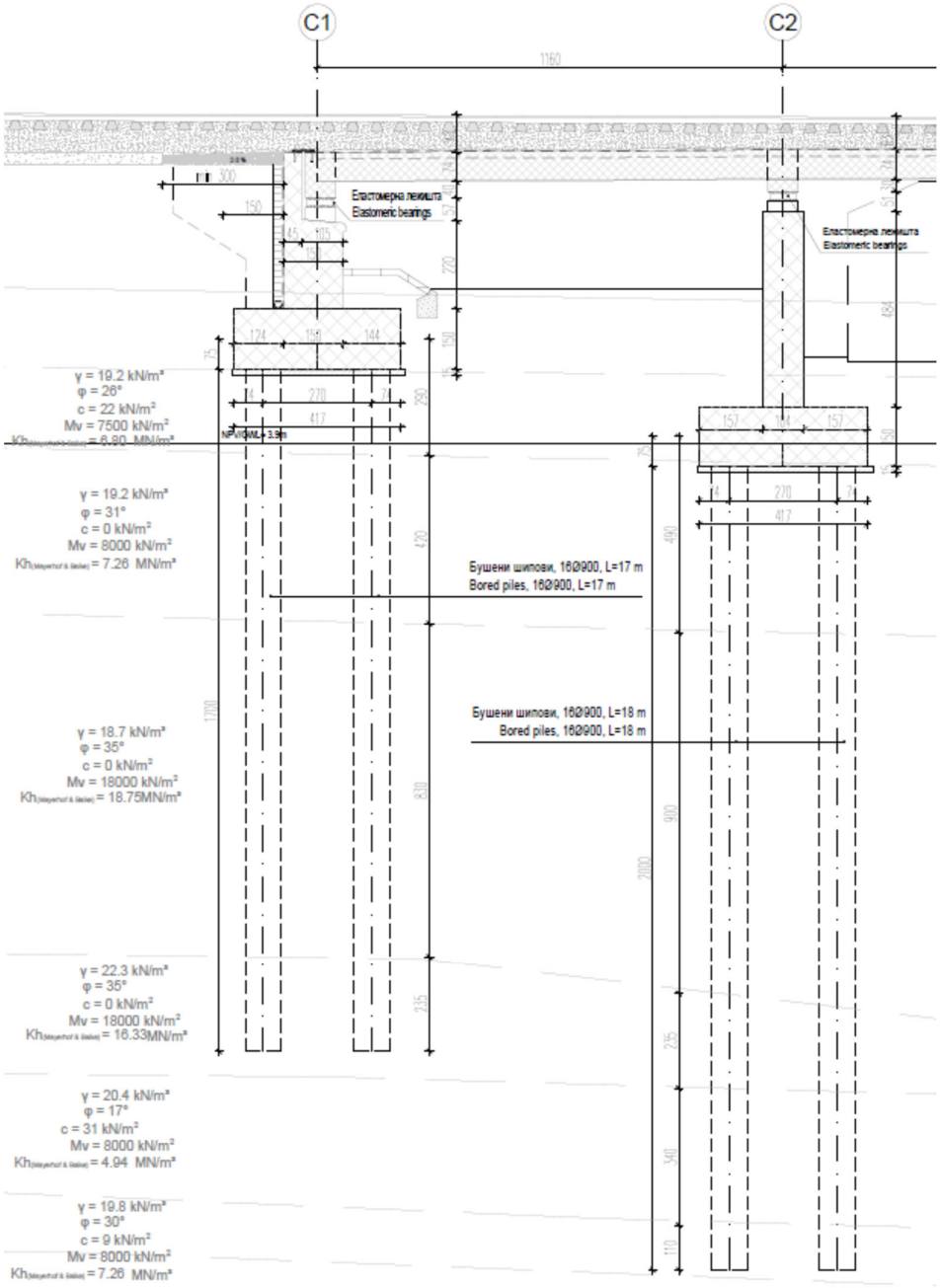
10 ДОЊИ СТРОЈ МОСТА / SUBSTRUCTURE

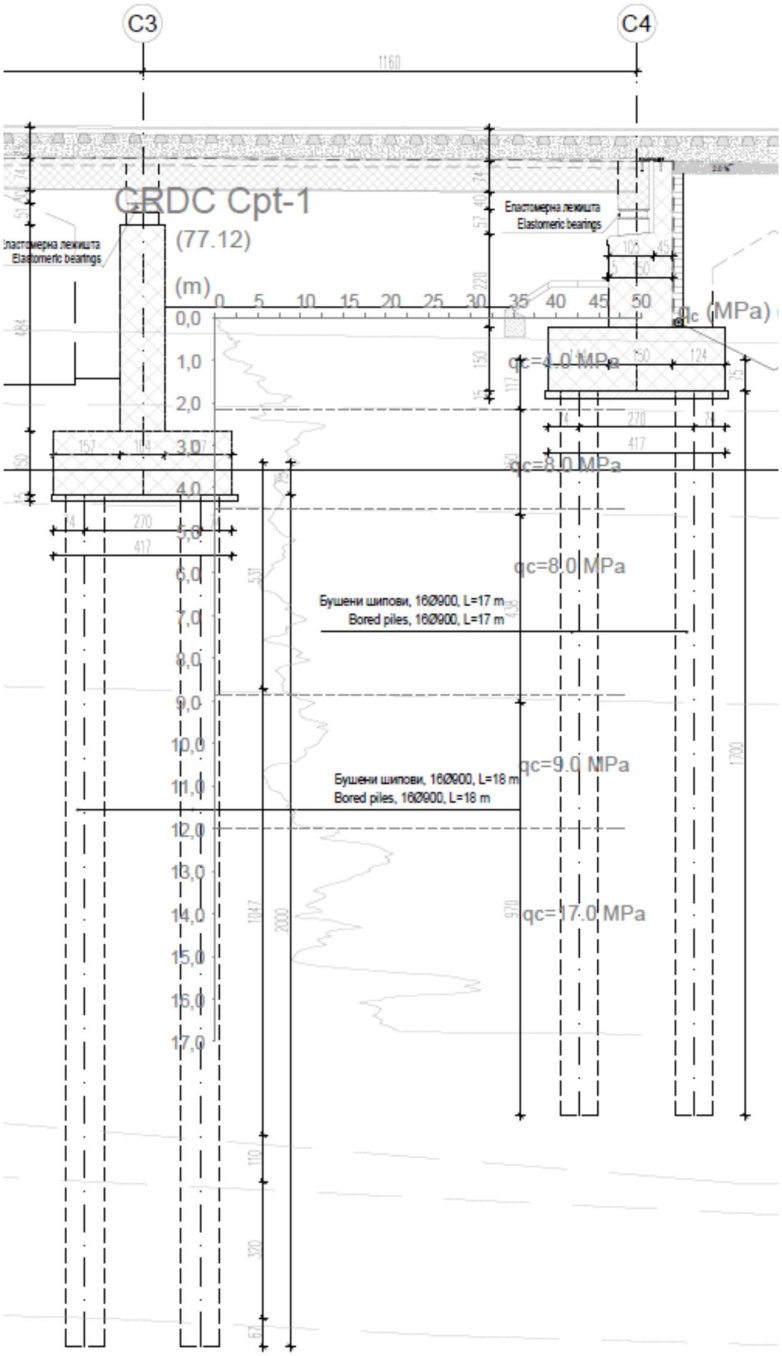
Стубови конструкције су преко армиранобетонских наглавних греда, висине 1.5m, фундирани на два реда бушених шипова Ø900.

The bridge abutments and piers are founded on piles Ø900, which are arranged in two rows, and connected with 1.5 m high pile cap beam.

Прорачун статичких утицаја у елементима доњег строја спроведен је у просторном прорачунском моделу. Реактивни отпор тла моделиран је према подацима о параметрима тла из Геотехничког елабората.

The structural analysis of a substructure was carried out in the FE model. Reactive soil resistance was modeled according to the data on soil parameters from the Geotechnical Study.





Коефицијенти хоризонталне реакције тла дуж шипова, као и коефицијенти вертикалне реакције одређени су према подацима из Геотехничког елабората, Прилог 1.

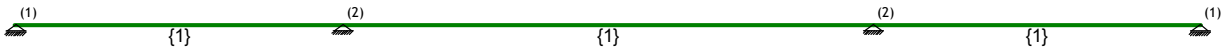
The coefficients of the horizontal reaction of the soil along the piles, as well as the coefficients of the vertical reaction were determined according to the data from the Geotechnical Study, Annex 1.

У прорачунском моделу коришћене су вредности коефицијаната хоризонталне крутости тла одређене по методи “Meyerhof and Bike” и приказани су у поглављу 1.4.3. Како би се задовољио услов ограничења подужног померања конструкције услед сила кочења односно покретања усвојен је статички систем са непокретним лежиштима на средњим стубовима, који су закошени у односу на подужну осу моста за 60° чиме је подужна крутост систем знатно увећана. Периоди осциловања кострукције у подужном и попречном правцу се налазе на заравњеном делу спектралне криве, те је пројектно сеизмичко оптерећење максималног интезитета.

Вертикалне крутости ослонаца у нивоу базе шипа одређене су на основу граничне носивости шипа и рачунских вредности слегања.

R_3=4427kN/(0.5·2.49)cm=3.54·10^5kN/m

Анализа статичких утицаја у елементима доњег строја спроведена је само са шемом вертикалног саобраћајног оптерећења LM71. Анализа спроведена у линијском моделу средње конструкције показала је да се max/min вертикалне реакције у ослонцима јављају управо за ову шему оптерећења.

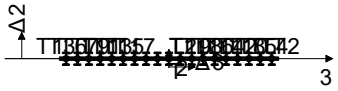


Табела материјала

No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Celik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30

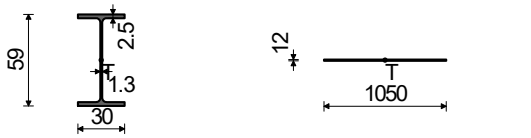
Сетови греда

Сет: 1 Пресек: Višedelni, Фиктивна ексцентричност



	Мат.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
	1 - Celik	1.689e+0	1.226e+0	1.303e+0	6.080e-3	1.548e+1	2.834e-

No	Пресек	Δ3 [cm]	Δ2 [cm]	α	Мат.
1	IPBl 600	-495.00	0.00	0.00	1
2	IPBl 600	495.00	0.00	0.00	1
3	IPBl 600	-440.00	0.00	0.00	1
4	IPBl 600	440.00	0.00	0.00	1
5	IPBl 600	385.00	0.00	0.00	1
6	IPBl 600	-385.00	0.00	0.00	1
7	IPBl 600	-330.00	0.00	0.00	1
8	IPBl 600	330.00	0.00	0.00	1
9	IPBl 600	-275.00	0.00	0.00	1
10	IPBl 600	275.00	0.00	0.00	1
11	IPBl 600	-220.00	0.00	0.00	1
12	IPBl 600	220.00	0.00	0.00	1
13	IPBl 600	-165.00	0.00	0.00	1
14	IPBl 600	165.00	0.00	0.00	1
15	IPBl 600	-110.00	0.00	0.00	1
16	IPBl 600	110.00	0.00	0.00	1
17	IPBl 600	-55.00	0.00	0.00	1
18	IPBl 600	55.00	0.00	0.00	1
19	IPBl 600	0.00	0.00	0.00	1
20	b/d=1050/12	0.00	0.00	0.00	1

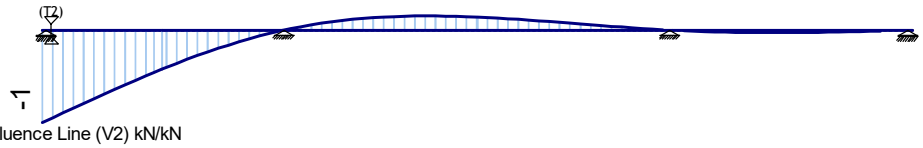


IPBl 600 b/d=1050/12

Сетови тачкастих ослонаца

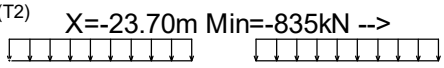
	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
1		1.000e+10	1.000e+10			
2	1.000e+10	1.000e+10	1.000e+10			

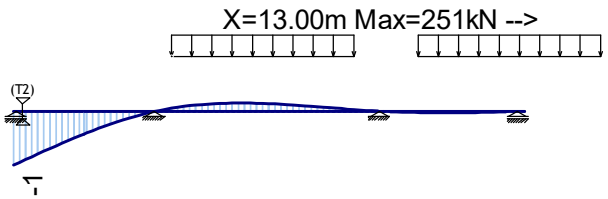
Load 9: Uticajna linija (T2)



Frame: H_1
Beam Results: Influence Line (V2) kN/kN

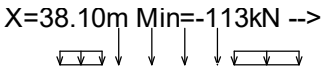
Опт. 9: Uticajna linija (T2)

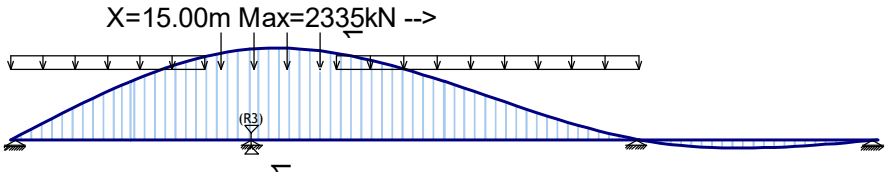




Рам: H_1
Утицаји у греди: Утицајна линија (T2) kN/kN

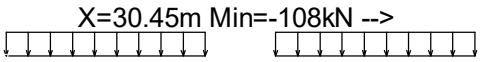
Опт. 3: Утицајна линија (R3)

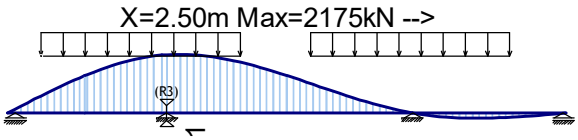




Рам: H_1
Утицаји у греди: Утицајна линија (R3) kN/kN

Опт. 3: Утицајна линија (R3)



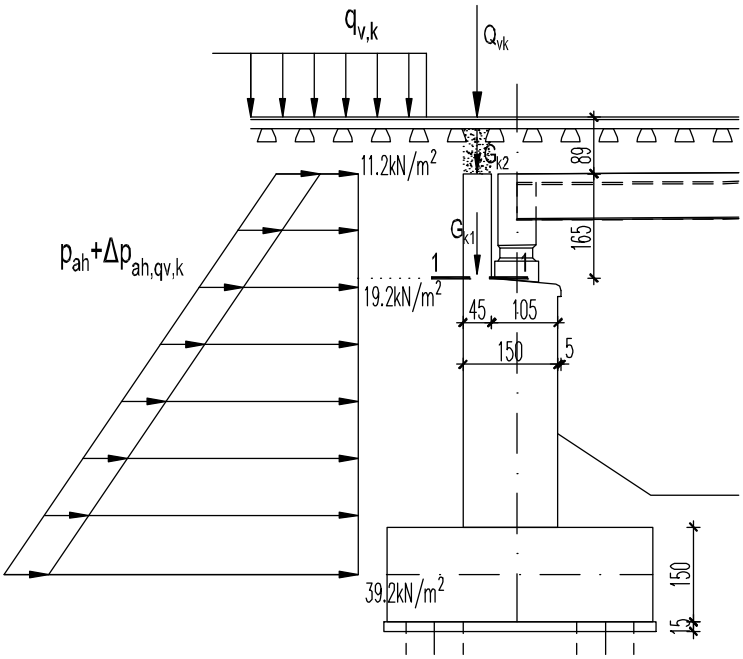


Рам: H_1
Утицаји у греди: Утицајна линија (R3) kN/kN

Шема оптерећења	Обални стуб		Средњи стуб	
	maxR3	minR3	maxR3	minR3
LM71	1046	-261	2335	-113
SW/0	835	-251	2175	-108

10.1 ОБАЛНИ СТУБОВИ / ABUTMENTS

10.1.1 Парапетни зид / Parapet wall



Анализа оптерећења / Actions

Стално оптерећење

G_{k1}=0.45·1·1.65·25=18.56kN/m

Додатно стално оптерећење

G_{k2}=0.45·1·0.89·20=8kN/m

Саобраћајно оптерећење

Q_{vk}=1210/(6.4·3.5)=54kN/m

M_{Qvk}=54·0.2=11kNm/m

Притисак тла

$E_{a,qv}$=0.5·(11.2+19.2)·1.65=25kN/m

$M_{Ea,qv}$=0.5·1.65·25=21kNm/m

$E_{a,Qv}$=0.5·(21+29)·1.65=41kN/m

$M_{Ea,Qv}$=0.5·1.65·41=34kNm/m

Утицаји у пресеку 1 – 1 / Internal forces in section 1 – 1

Komb 1

N_{Ed}=18.56+8=26.56kN/m

V_{Ed}=1.5·41=61.5kN/m

M_{Ed}=1.5·34=51kNm/m

Komb 2

N_{Ed}=18.56+8+1.45·54=104.86kN/m

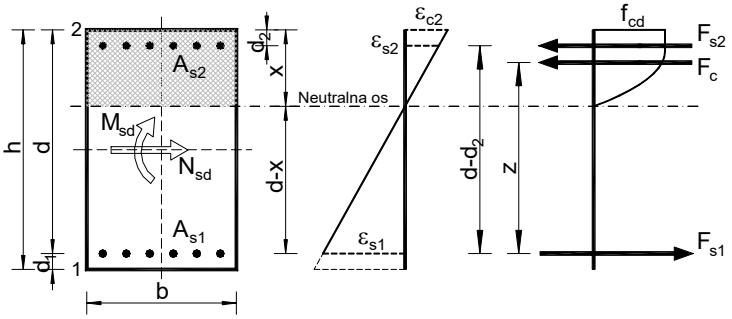
V_{Ed}=1.5·41=61.5kN/m

M_{Ed}=1.45·11+1.5·34=67kNm/m

b	100.00	cm
h	45.00	cm
d_1 (d_2)	6.00	cm
d	39.00	cm
f_{cd}	1.98	kN/cm²
f_{yd}	43.48	kN/cm²
M_{sd}	51.00	kNm
N_{sd}	26.56	kN
ε_{s1}	10.00	‰
ε_{c2}	0.74	‰
M_{sds}	55.38	kNm
$M_{Rd,lim}$	479.31	kNm
μ_{sd}	0.018	
Jednostruko armiranje		
ω	1.892	%
ρ	0.070	%
ξ	0.069	
ζ	0.976	
A_{s1}	2.73	cm²
A_{s2}	0.00	cm²

Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na moment savijanja i uzdužnu silu

Konvencija uzdužne sile: + tlak, - vlak



x 2.68 cm

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0.26 \cdot \frac{2.9}{500} \cdot 45 \cdot 100 = 6.79 cm^2/m$$

*Арматура зида **Ø20/20** (A=15.7cm²/m) довољна за пријем утицаја*

*Усваја се хоризонтална арматура **±Ø14/15** (A=10.3cm²/m)*

КОНТРОЛА ПРЕСЕКА НА СМИЦАЊЕ

СРПС ЕН 1992-1-1 (6.2.1,6.2.2)

сталне и пролазне прорачунске ситуације

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c}k(100\,\rho_l f_{ck}$$

$$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$$

C30/37 (MB 35)

γ_{Bd1}= 1

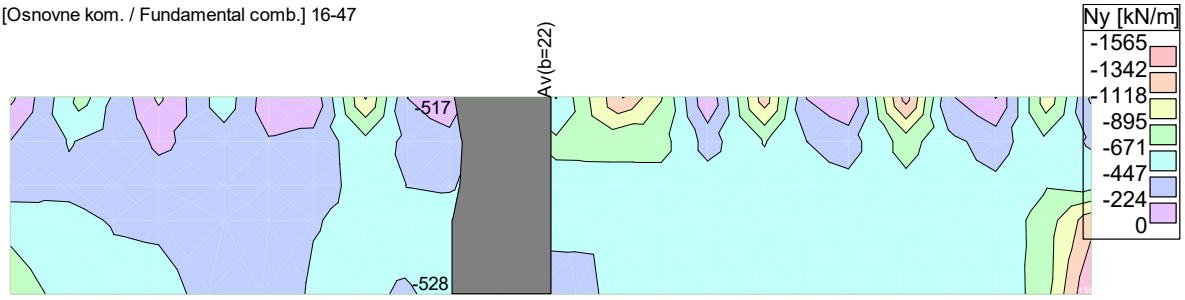
γ_c=	1.5		
$C_{Rd,c}$= 0,18/γ_c=	0.12		
h=	450	mm	
a=	60	mm	
d=	390	mm	
b_w=	1000	mm	
k= $1+\sqrt{\frac{200}{d}} \le 2{,}0$			→ k= 1.716
A_s=	11.3	cm^2	
$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \le 0{,}02$			→ ρ_l= 0.0029
f_{ck}=	30	Mpa	
k_1=	0.15		
V_{Ed}=	62	kN	
N_{Ed}=	27	kN	

f_{cd}= $\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c$=	17	Mpa	
σ_{cp}= N_{ed}/A_c=	0.06	Mpa	→ σ_{cp}< 0.06 Mpa
σ_{cp}< $0.2f_{cd}$=	3.40	Mpa	
$V_{Rd,c}$=	194.52	kN	
$v_{min} = 0{,}035\,k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$ =	0.431		→$V_{Rd,c}$= 197.9 kN
$\min V_{Rd,c} = (V_{min} + k_1\,\sigma_{cp})\,b_w d$ =	197.9	kN	→$V_{Rd,c}/\gamma_{Bd1}$= 197.9 kN

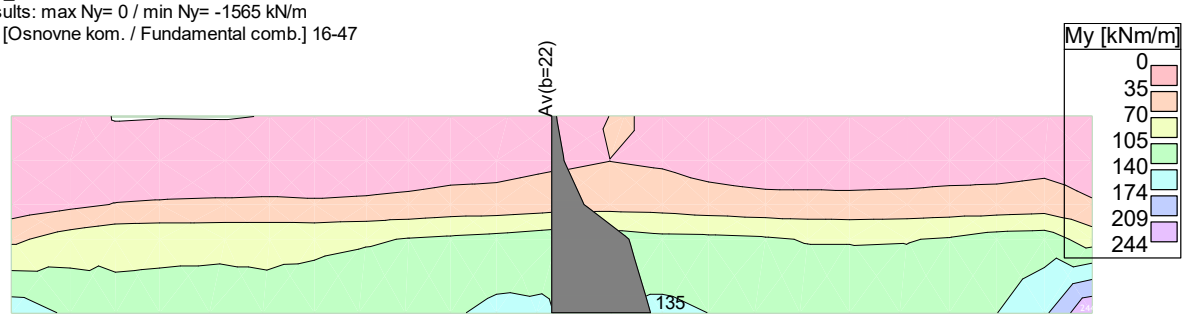
НИЈЕ ПОТРЕБНА ЈЕ ПРОРАЧУНСКА АРМАТУРА ЗА СМИЦАЊЕ

10.1.2 Статички утицаји у стубу и крилним зидовима / Internal forces and moments in abutment and wing wall

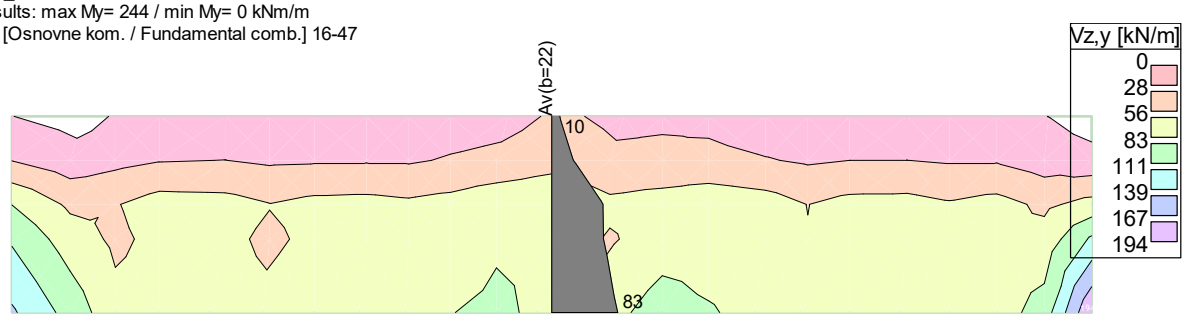
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



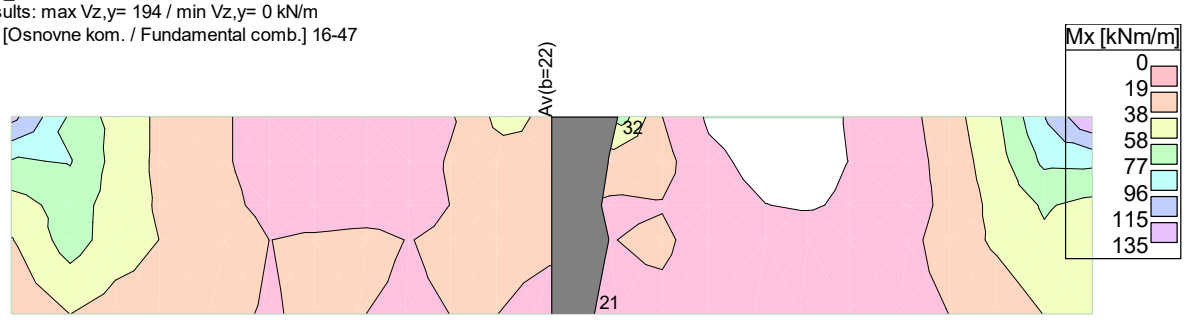
Frame: K_1
Slab Results: max Ny= 0 / min Ny= -1565 kN/m
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_1
Slab Results: max My= 244 / min My= 0 kNm/m
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

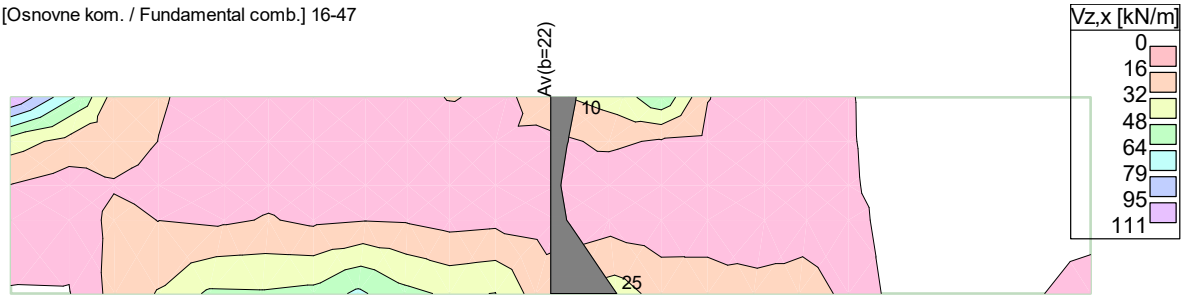


Frame: K_1
Slab Results: max Vz,y= 194 / min Vz,y= 0 kN/m
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

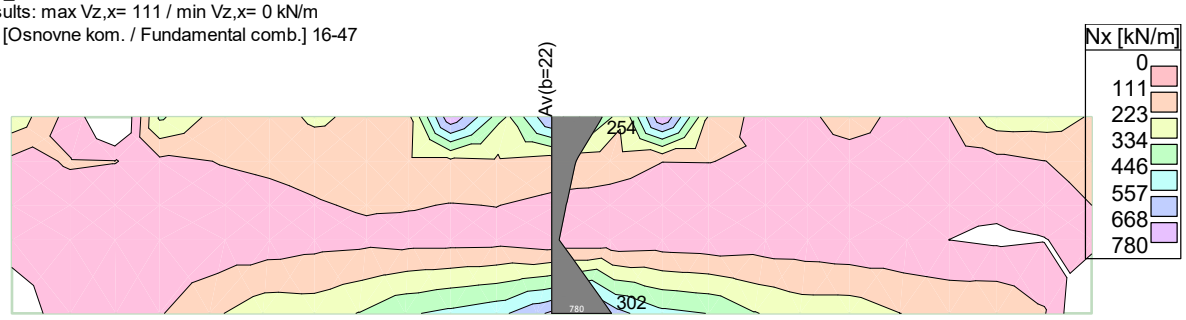


Frame: K_1
Slab Results: max Mx= 135 / min Mx= 0 kNm/m

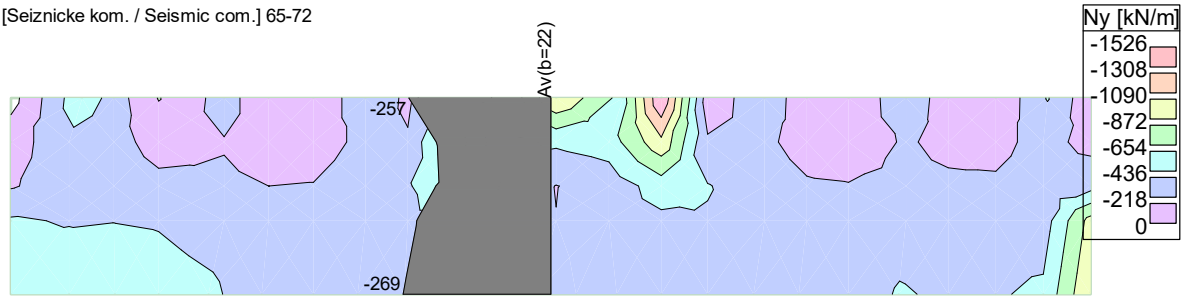
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



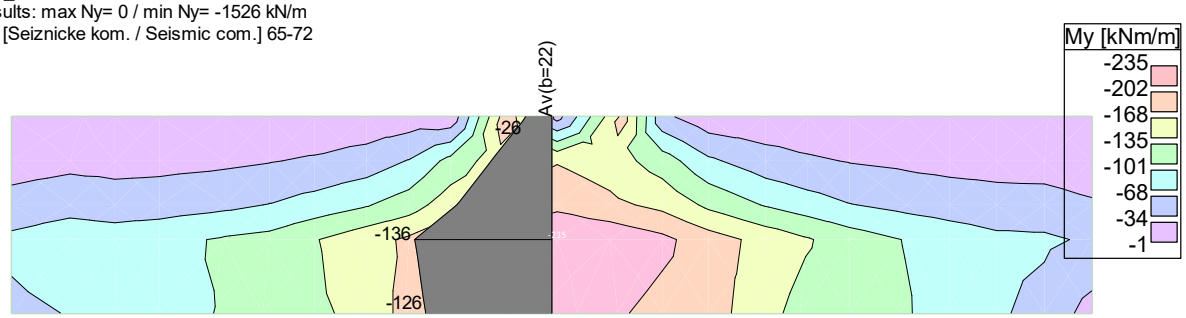
Frame: K_1
Slab Results: max Vz,x= 111 / min Vz,x= 0 kN/m
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_1
Slab Results: max Nx= 780 / min Nx= 0 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

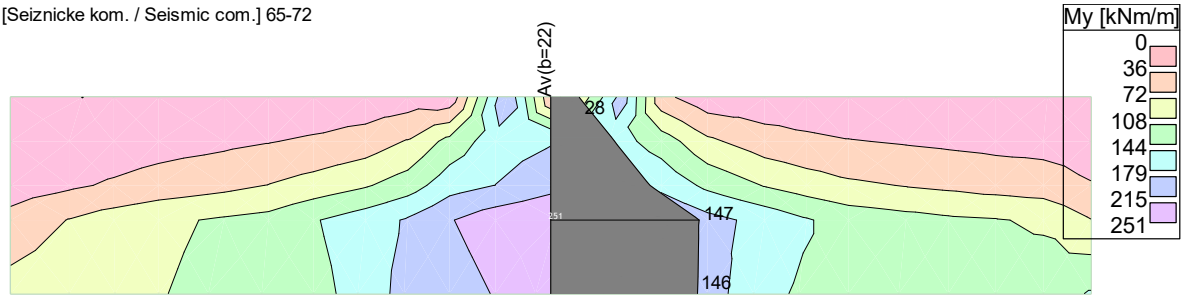


Frame: K_1
Slab Results: max Ny= 0 / min Ny= -1526 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

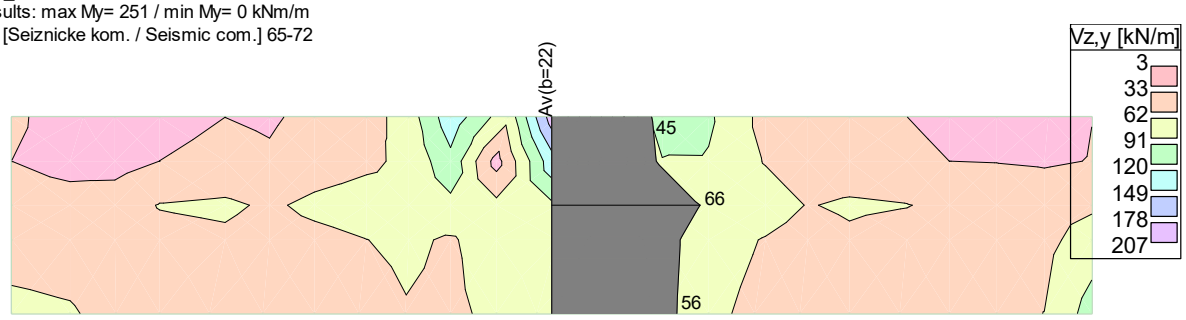


Frame: K_1
Slab Results: max My= -1 / min My= -235 kNm/m

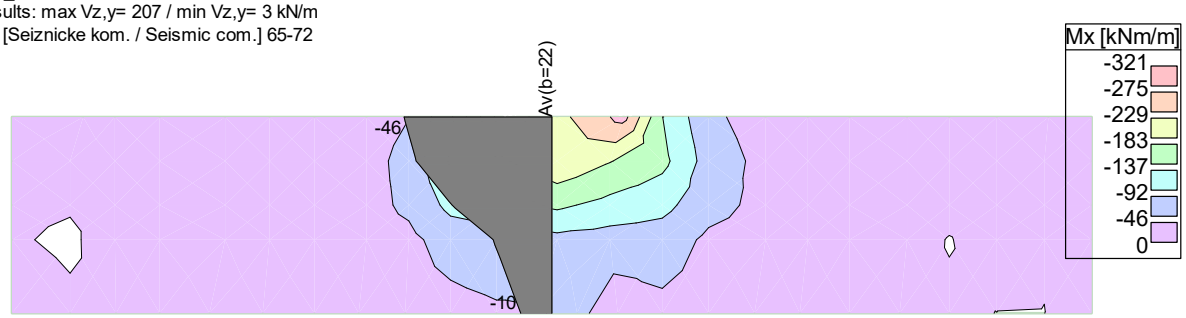
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



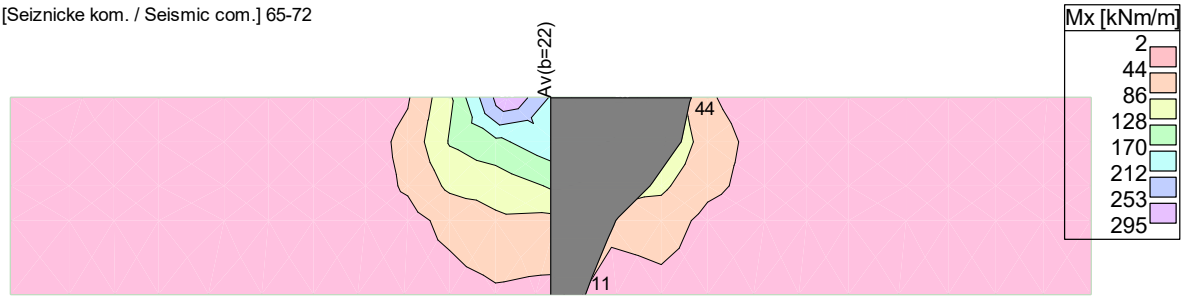
Frame: K_1
Slab Results: max My= 251 / min My= 0 kNm/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Frame: K_1
Slab Results: max Vz,y= 207 / min Vz,y= 3 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

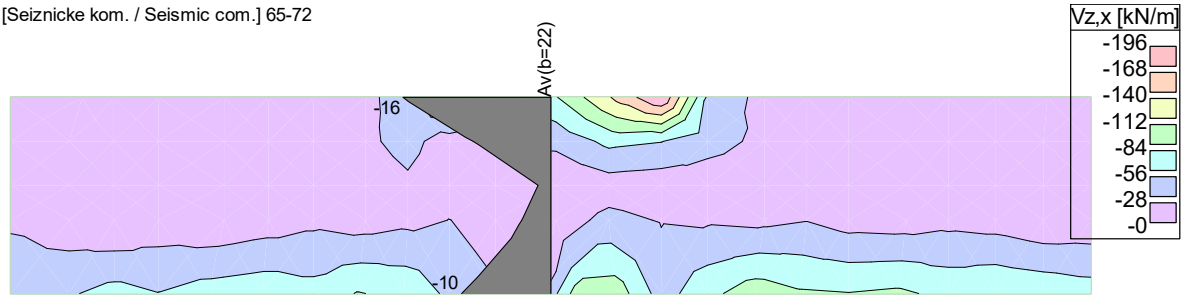


Frame: K_1
Slab Results: max Mx= 0 / min Mx= -321 kNm/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

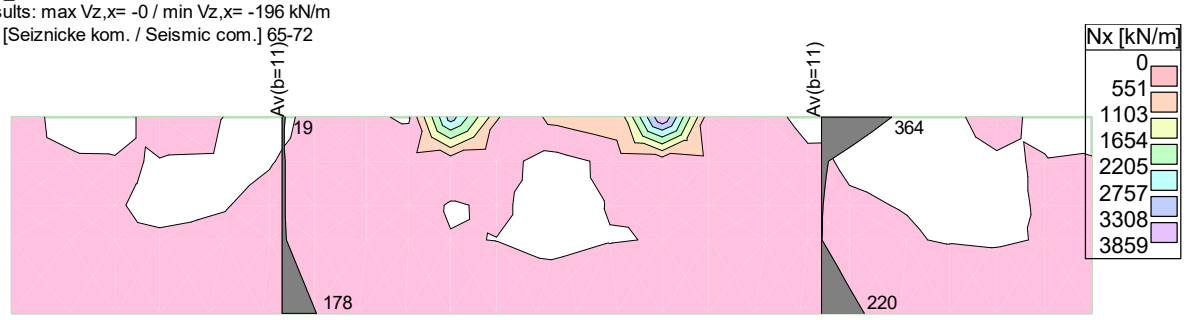


Frame: K_1
Slab Results: max Mx= 295 / min Mx= 2 kNm/m

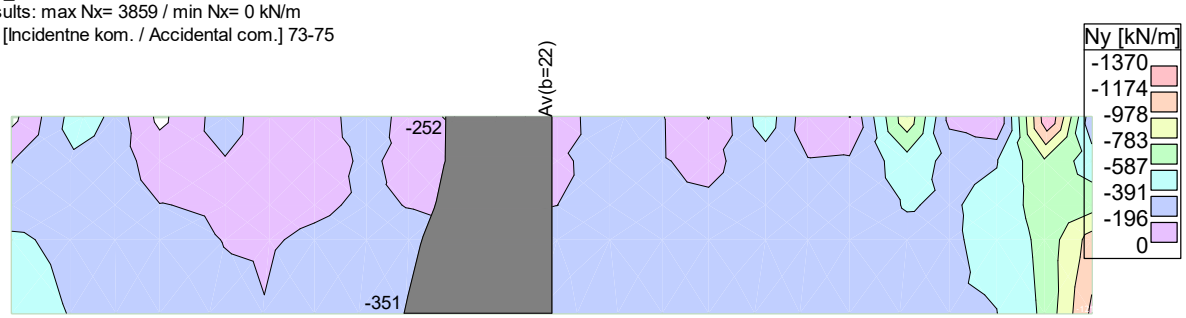
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



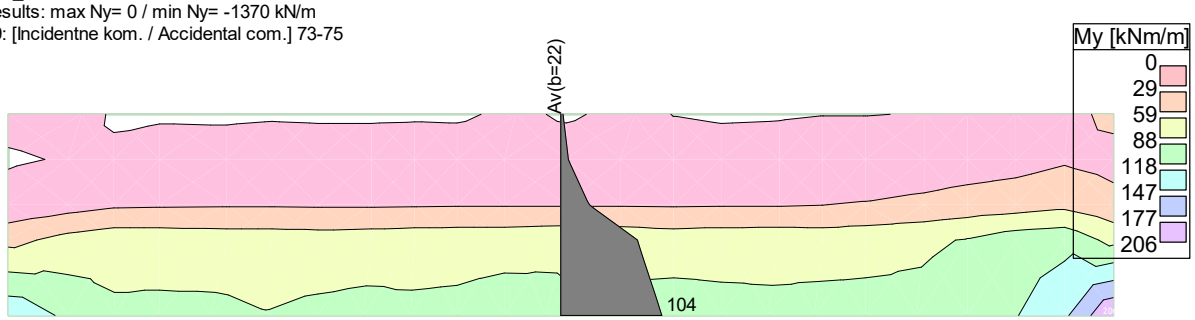
Frame: K_1
Slab Results: max Vz,x= -0 / min Vz,x= -196 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Frame: K_1
Slab Results: max Nx= 3859 / min Nx= 0 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

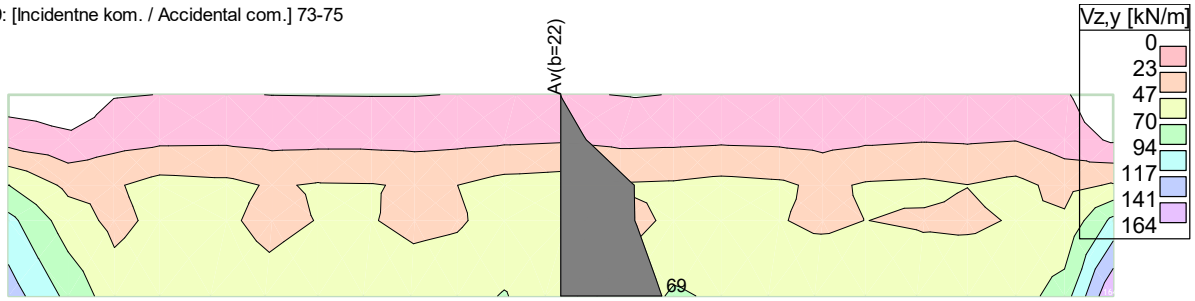


Frame: K_1
Slab Results: max Ny= 0 / min Ny= -1370 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

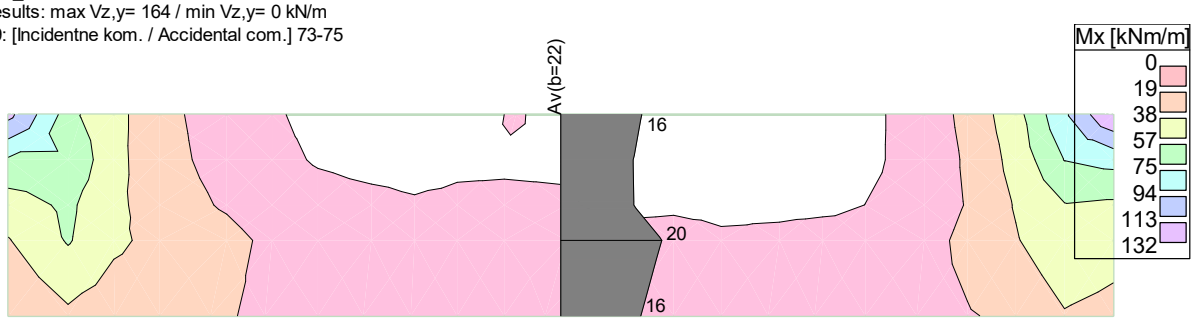


Frame: K_1
Slab Results: max My= 206 / min My= 0 kNm/m

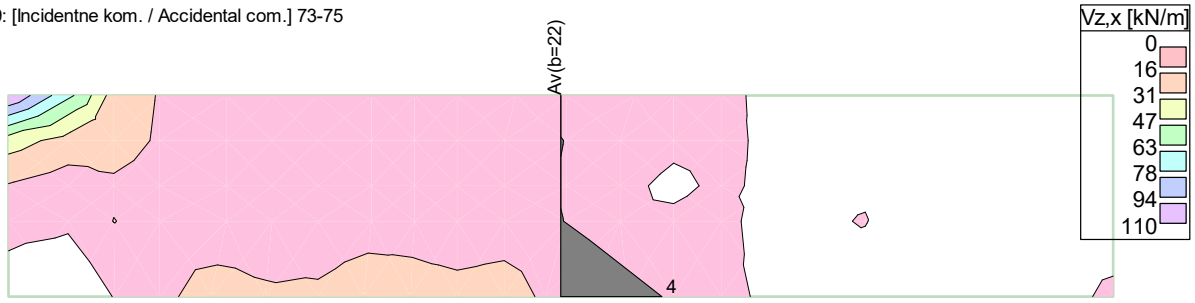
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



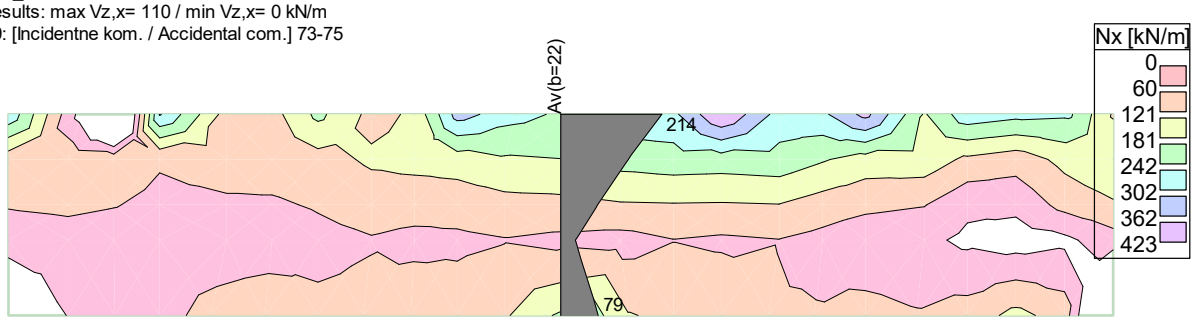
Frame: K_1
Slab Results: max Vz,y= 164 / min Vz,y= 0 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_1
Slab Results: max Mx= 132 / min Mx= 0 kNm/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

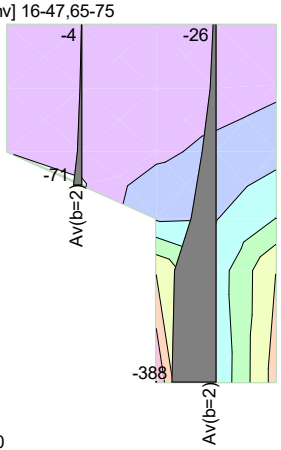


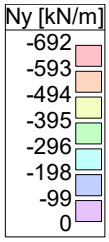
Frame: K_1
Slab Results: max Vz,x= 110 / min Vz,x= 0 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_1
Slab Results: max Nx= 423 / min Nx= 0 kN/m

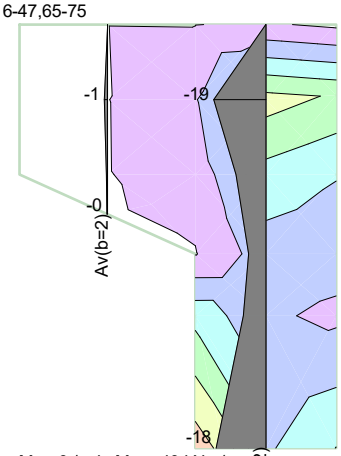
Load 90: [Anv] 16-47,65-75

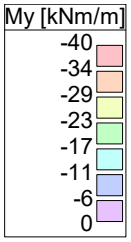




Frame: H_40
Slab Results: max Ny= 0 / min Ny= -692 kN/m

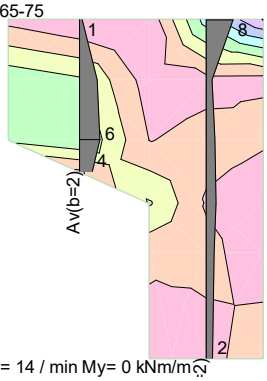
Load 90: [Anv] 16-47,65-75

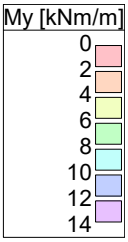




Frame: H_40
Slab Results: max My= 0 / min My= -40 kNm/m

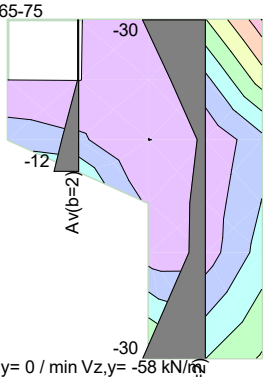
Load 90: [Anv] 16-47,65-75

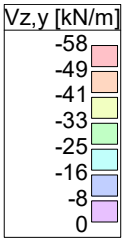




Frame: H_40
Slab Results: max My= 14 / min My= 0 kNm/m

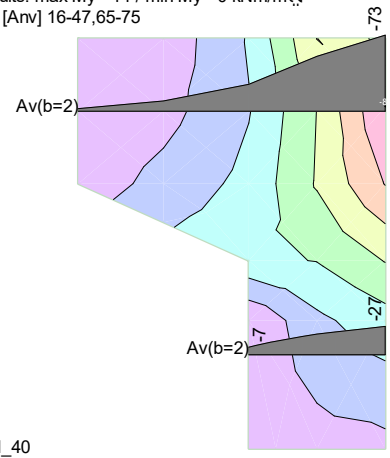
Load 90: [Anv] 16-47,65-75

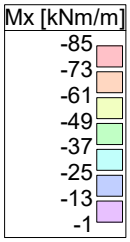




Frame: H_40
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -58 kN/m

Load 90: [Anv] 16-47,65-75



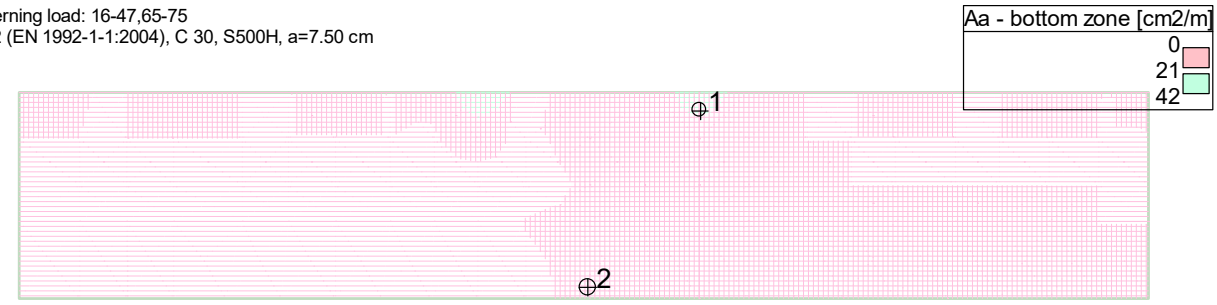


Frame: H_40
Slab Results: max Mx= -1 / min Mx= -85 kNm/m

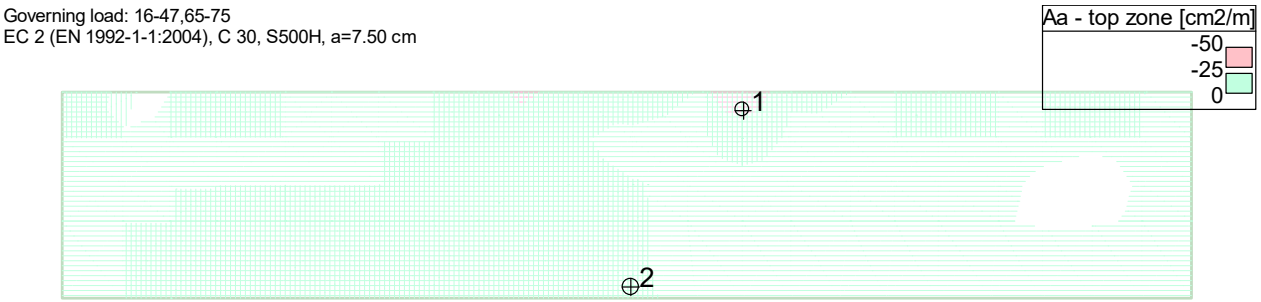
10.1.3 Димензионисање стуба и крилних зидова / Design of abutments and wing walls

10.1.3.1 Стуб / Abutment

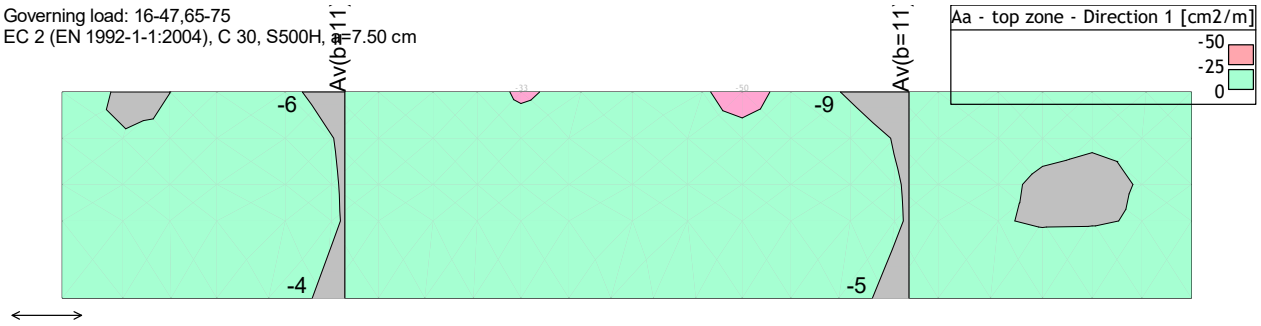
Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=7.50 cm



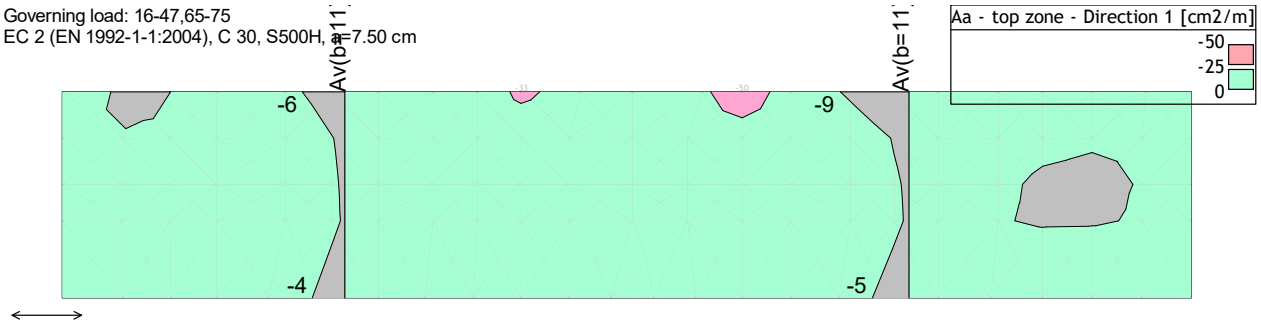
Frame: K_1
Aa - bottom zone - max Aa,d= 42 cm2/m



Frame: K_1
Aa - top zone - max Aa,g= -50 cm2/m



Frame: K_1
Aa - top zone - Direction 1 - max Aa1,r= -50 cm2/m



Frame: K_1
Aa - top zone - Direction 1 - max Aa1,r= -50 cm2/m

Лежишна греда формира се у првих 1m висине стуба

Frame: K_1
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=150.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=7.5 cm)
Bottom zone: S500H (a=7.5 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

Point 1 – лежишна греда
X=4 m; Y=12 m; Z=-1 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +0.30xXI-1.00xXII
Md = -290.43 kNm
Nd = 1035.62 kN
εb/εa = 0.719/25.000 ‰

Ag1 = 18.35 cm2/m
Ad1 = 6.96 cm2/m

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.29/50 \cdot 100 \cdot 150 = 22.62 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 150 = 600 cm^2$/m

$A_{sw,min} = (0{,}08\sqrt{3})/50 \cdot 20 \cdot 150 \cdot 1 = 8.31 cm^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2)

Усвојена хоризонтална арматура ***Ø20/12.5*** *(Aa=25.12cm²/m)* обострано по висини лежишне греде

Усвојене четворосечне вертикалне узенгије ***Ø8/20*** *(Aa=10.06cm²/m)* у висини лежишне греде

Остатак стуба армира се као зидно платно

Frame: K_1
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=150.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=7.5 cm)
Bottom zone: S500H (a=7.5 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

Point 1

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +0.30xXI-1.00xXII
Md = 127.26 kNm
Nd = 764.50 kN
εb/εa = 0.794/25.000 ‰
Ag2 = 6.62 cm2/m
Ad2 = 11.52 cm2/m

Point 2
X=3 m; Y=9 m; Z=-5 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.35xI+1.35xII+1.00xIII+1.50xIV +1.45xVI+1.45xVII+1.13xIX+0.90xX
Md = 6.86 kNm
Nd = 640.01 kN
εb/εa = 0.589/25.000 ‰
Ag1 = 7.24 cm2/m
Ad1 = 8.68 cm2/m

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX -0.30xXI+1.00xXII
Md = -217.60 kNm
Nd = -111.50 kN
εb/εa = -0.734/25.000 ‰
Ag2 = 2.19 cm2/m
Ad2 = 1.26 cm2/m

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 150 = 30cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$\mathrm{A_{s,vmax}} = 0.04 \cdot 100 \cdot 150 = 600\mathrm{cm^2}/m$

$\mathrm{A_{s,hmin}} = \max(0.25\mathrm{A_{s,v}};\ 0.001\mathrm{A_c}) = 15\mathrm{cm^2/m}$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

Подужна (вертикална) арматура стубова (СРПС ЕН 1992-1-1,9.5, /НА тачке 2.86 и 2.87)

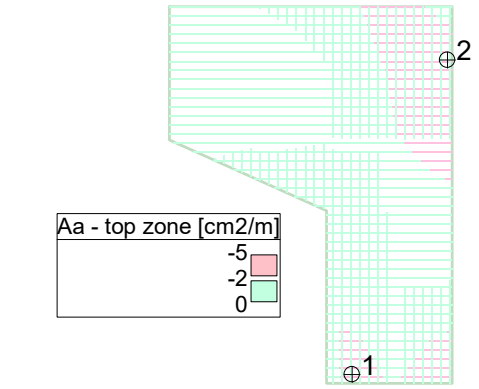
$\mathrm{A_{s,min}} = \max\left(\frac{0.15\cdot \mathrm{N_{Ed}}}{\mathrm{f_{yd}}};\ 0.003\mathrm{A_c}\right) = 45\mathrm{cm^2}/m$ *укупна вертикална арматура*

Усваја се вертикална арматура ***Ø20/10*** *(Aa=31.4cm²/m)* обострано по ширини стуба

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/10*** *(Aa=20.1cm²/m)* обострано

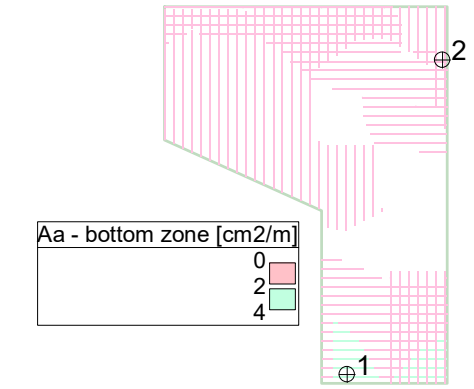
10.1.3.2 Крилни зидови / Wing walls

Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Frame: H_40
Aa - top zone - max Aa,g= -5 cm2/m

Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Frame: H_40
Aa - bottom zone - max Aa,d= 4 cm2/m

Frame: H_40
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=60.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=5.0 cm)
Bottom zone: S500H (a=5.0 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

Point 1
X=5 m; Y=20 m; Z=-5 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.35xI+1.35xII+1.00xIII+1.50xIV +1.45xVII+1.45xVIII+1.13xIX+0.90xX
Md = -8.33 kNm
Nd = 372.44 kN
εb/εa = -0.031/25.000 ‰
Ag1 = 4.67 cm2/m
Ad1 = 3.90 cm2/m

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.50xIV +1.45xVI+1.45xVIII
Md = -20.63 kNm
Nd = 25.64 kN
εb/εa = -0.390/25.000 ‰
Ag2 = 1.19 cm2/m
Ad2 = 0.00 cm2/m

Point 2
X=6 m; Y=20 m; Z=-1 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +1.00xXI-0.30xXII
Md = -2.54 kNm
Nd = 72.75 kN
εb/εa = -0.802/25.000 ‰
Ag1 = 4.90 cm2/m
Ad1 = 0.51 cm2/m

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +1.00xXI-0.30xXII
Md = 2.16 kNm
Nd = 11.82 kN
εb/εa = -0.390/25.000 ‰
Ag2 = 0.79 cm2/m
Ad2 = 0.18 cm2/m

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.29/50 \cdot 100 \cdot 60 = 9cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 60 = 12cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot 100 \cdot 60 = 240 cm^2/m$

Усваја се вертикална арматура ***Ø14/10*** *(Aa=15.4cm²/m)* обострано
Усваја се хоризонталана арматура ***Ø14/10*** *(Aa=15.4cm²/m)* обострано

10.1.4 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости

C1	N_{Ed} [kN/m]	$M_{y,Ed}$ [kNm/m]	$M_{z,Ed}$ [kNm/m]	$V_{zy,Ed}$ [kN/m]	$V_{zx,Ed}$ [kN/m]
Основне комбинације	528	135	21	83	25
Сеизмичке комбинације	269	147	11	66	16
Инцидентне комбинације	351	104	20	69	4

10.1.4.1 Контрола граничне носивости стуба за једнооосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending

(СРПС ЕН 1992-1-1, 5.8.9, 6.1)

Основне комбинације

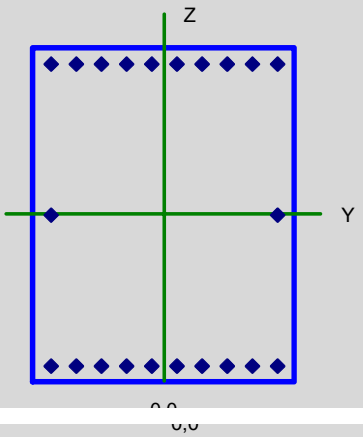
Materials:

f_{ck} =	30	MPa	E_{cm} =	32.8 GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,5			
γ_s =	1,15			
a_{CC} =	0,85			

Section Properties:

Height = 1500 mm Width = 1000 mm

Concrete section		Transformed section	
A_C =	1500000 mm²	A_T =	1533121 mm²
I_C =	2.8E+11 mm⁴	I_T =	2.96E+11 mm⁴
Y_{bC} =	750 mm	Y_{bT} =	750 mm

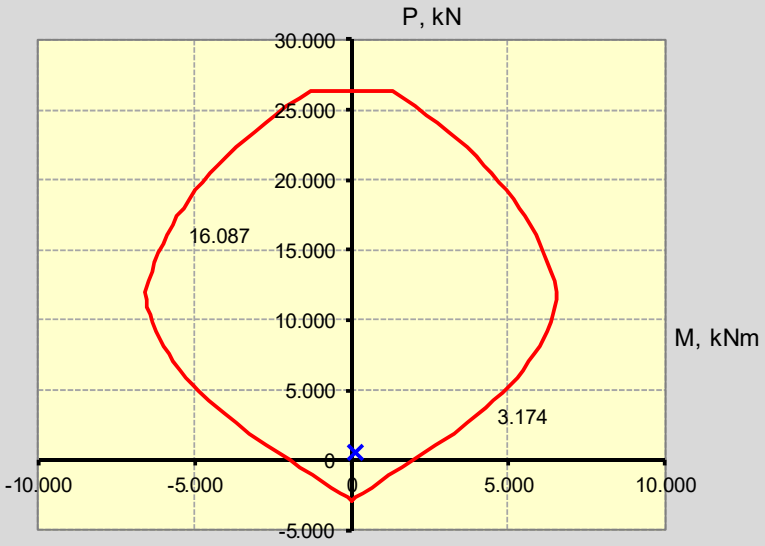


Reinforcing bars:

No.bars = 22 (< 300)
Σ(As) = 6506 mm²
ΣAs/Ac = 0,00434
Concrete cover = 50 mm
Spiral/Stirrup dia. = 12 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	314	-432,00	72,00
2	314	-336,00	72,00
3	314	-240,00	72,00
4	314	-144,00	72,00
5	314	-48,00	72,00
6	314	48,00	72,00
7	314	144,00	72,00
8	314	240,00	72,00
9	314	336,00	72,00
10	314	432,00	72,00
11	113	-432,00	750,00
12	113	432,00	750,00
13	314	-432,00	1428,00
14	314	-336,00	1428,00
15	314	-240,00	1428,00
16	314	-144,00	1428,00
17	314	-48,00	1428,00
18	314	48,00	1428,00
19	314	144,00	1428,00
20	314	240,00	1428,00
21	314	336,00	1428,00
22	314	432,00	1428,00

Axial Force/Bending Moment Interaction Diagram
Bending about horizontal axis



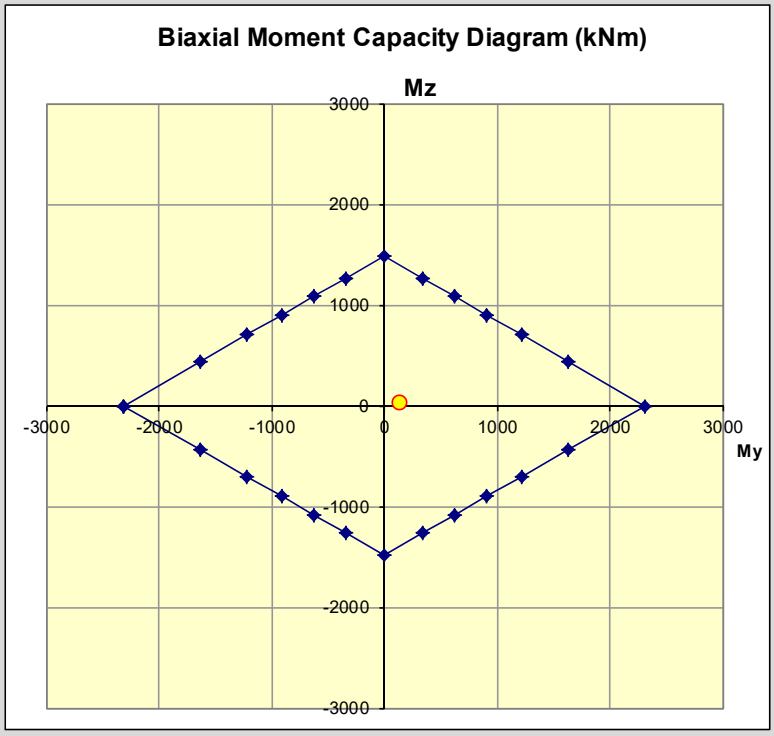
Positive moment corresponds to tension in bottom fibers of the section
Positive axial force is compressive force

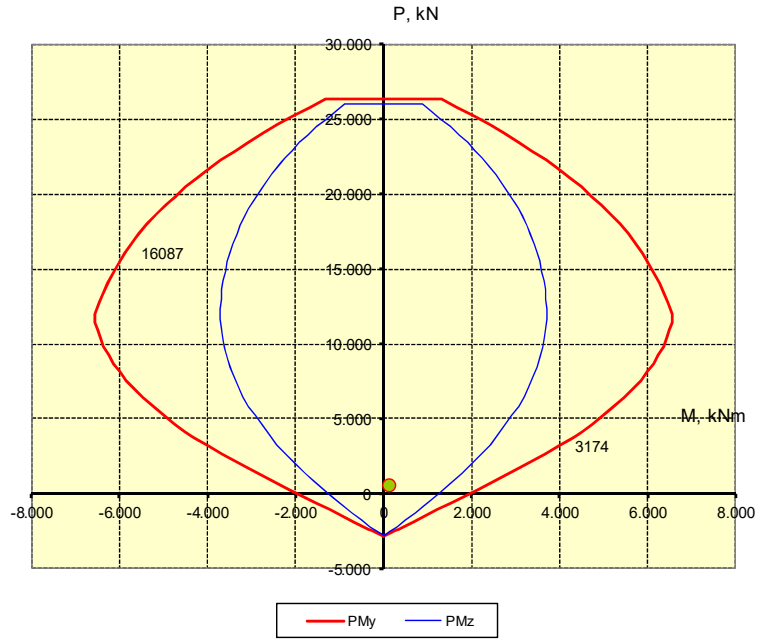
Load Description	Factored Loads P_u kN	M_u kNm	Capacity M_{Rdy} kNm	M_u/M_{Rdy}
Основне комб - верт. арм.	528	135	2317	0,06

Load Description	Applied Loads			Uniaxial Capacities		Demand Capacity Ratio	Biaxial Interact'n coeff.
	P kN	M_y kNm	M_z kNm	M_{Rdy} kNm	M_{Rdz} kNm	$(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	a
Основне комб.	528	135	21	2317	1477	0,072	1,000

My-Mz Contour plot at axial force P = 528 kN (-2828,7 ÷ 26059,9)

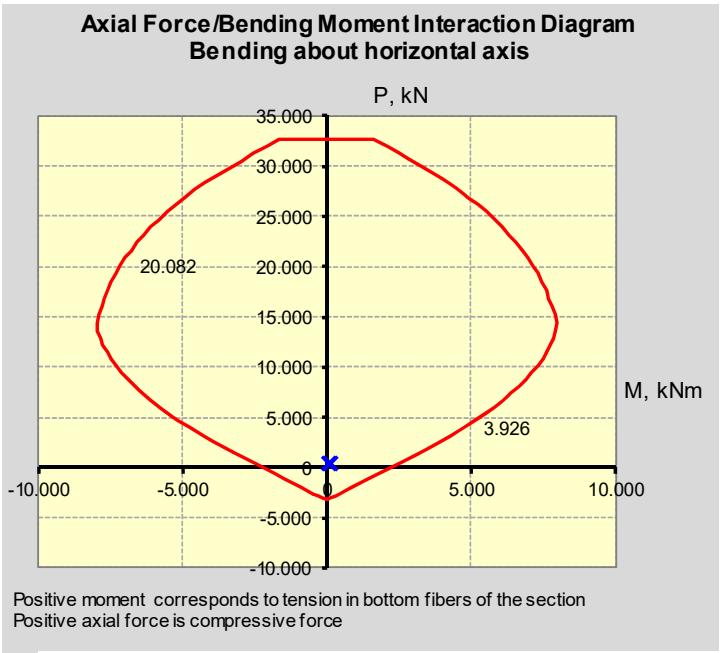
$M_{Rdy\ neg}$ = -2316,7 kNm $M_{Rdy\ pos}$ = 2316,7 kNm Sign convention
$M_{Rdz\ neg}$ = -1477 kNm $M_{Rdz\ pos}$ = 1477 kNm My positive creates tension on the bottom
P/N_{rd} = 0,0186 a = 1 Mz positive creates tension on the right





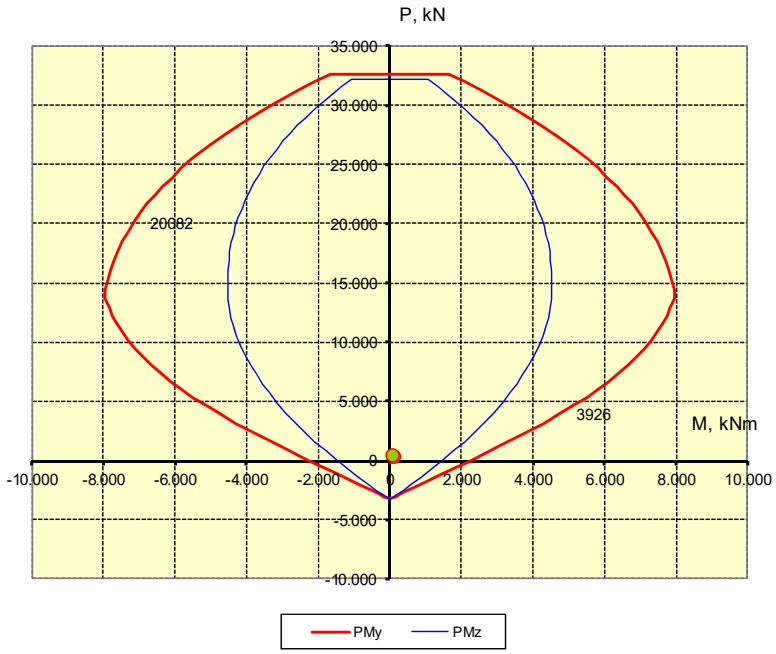
Сеизмичке и инцидентне комбинације

Materials:				
f_{ck} =	30	MPa	E_{cm} =	32,8 GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,2			
γ_s =	1			
a_{CC} =	0,85			



Load Description	Factored Loads P_u kN	Factored Loads M_u kNm	Capacity M_{Rdy} kNm	M_u/M_{Rdy}
Сеизмичке ком. - вер. арм.	269	147	2441	0,06
Инцидентне ком. - вер. арм.	351	104	2496	0,04

Load Description	Applied Loads P kN	Applied Loads M_y kNm	Applied Loads M_z kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdy} kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdz} kNm	Demand Capacity Ratio $(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	Biaxial Interact'n coeff. a
Сеизмичке комб.	269	147	11	2441	1576	0,067	1,000
Инцидентне комб.	351	104	20	2496	1609	0,054	1,000



10.1.4.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear

$$\max V_{Ed} = \sqrt{83^2 + 25^2} = 87 kN/m$$

$$\max V_{Rd} = \frac{b \cdot 0.9d \cdot \nu \cdot f_{cd}}{2} \geq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d \quad \geq \min V_{Rd,c} = \left(\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right) \cdot b \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1400}} = 1.378 < 2$$

$$\rho_i = \frac{A_{Sl}}{b \cdot d} = \frac{31.4}{100 \cdot 140} = 0.0022 < 0.02$$

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$

$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.378^{3/2} \cdot 2.5^{1/2} = 0.098$

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 777 / 15000 = 0.052 kN/cm^2$

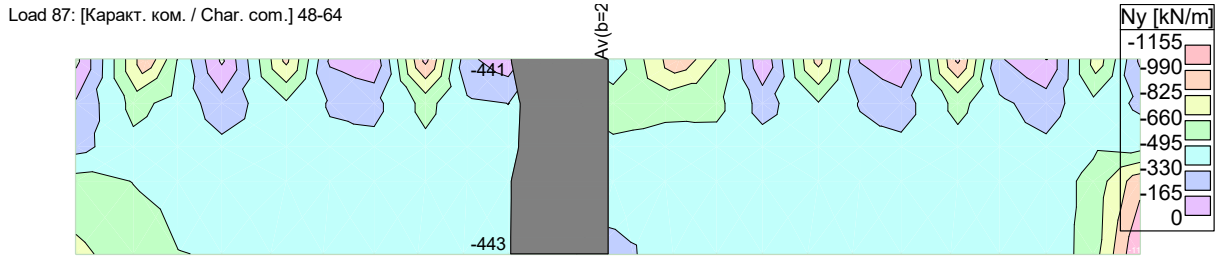
$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.378 \cdot (100 \cdot 0.0022 \cdot 2.5)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.052\right] \cdot 100 \cdot 140 = 2018 kN/m$$

$\min V_{Rdc} = (0.098 \cdot 100 + 0.15 \cdot 0.052) \cdot 140 \cdot 100 = 1480 kN/m > V_{Ed}$

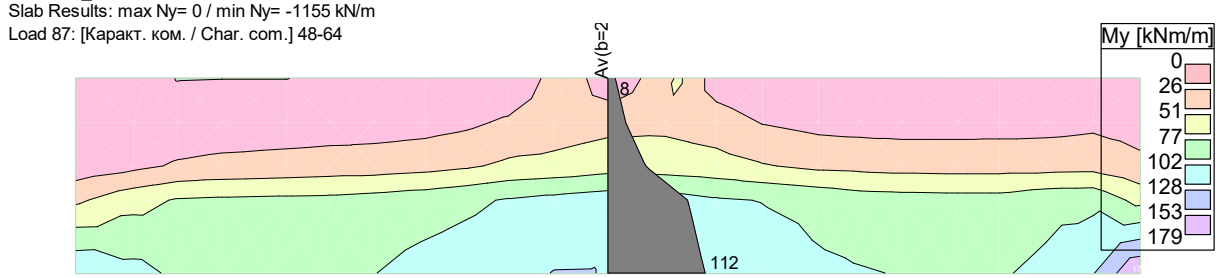
Носивост бетона на смицање је довољна за пријем смичућих сила.
The shear resistance of concrete section is sufficient to receive shear forces.

10.1.5 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states

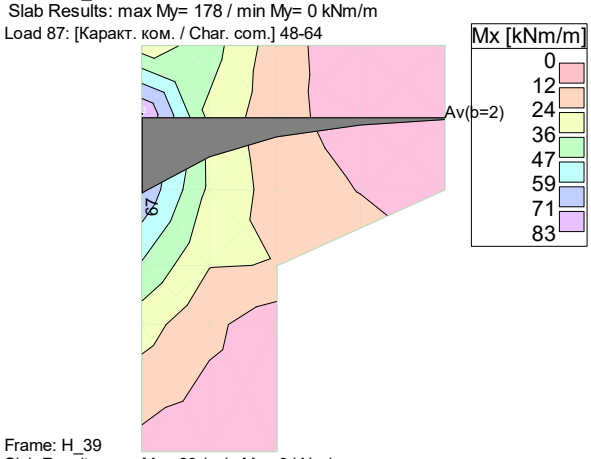
10.1.5.1 Статички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења



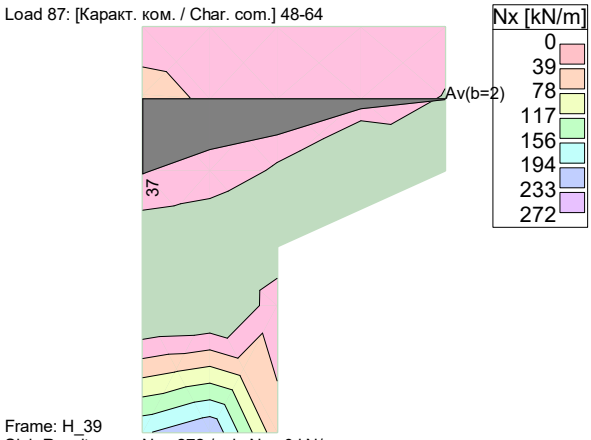
Frame: K_1
Slab Results: max Ny= 0 / min Ny= -1155 kN/m



Frame: K_1
Slab Results: max My= 178 / min My= 0 kNm/m



Frame: H_39
Slab Results: max Mx= 83 / min Mx= 0 kNm/m



Frame: H_39
Slab Results: max Nx= 272 / min Nx= 0 kN/m

10.1.5.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control

SLS Loads	P =	441 kN	(+ for compression)	
	M =	112 kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials				
	f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200000 MPa
	f_{ck} =	30 MPa		Solved
	f_{cm} =	38 MPa	E_{cm} =	32837 MPa
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2,90 MPa		
	Creep factor, Ct =	2		
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10946 MPa	E_s/E_{ctm}=	18,27

Results of SLS analysis		
Neutral axis from compression edge, x =	1558,6	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	0,53	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	-0,8	MPa
at y_{st} =	1428	mm
Number of bars in tension =	0	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	#DIV/0!	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-5E-05	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	3,1E-08	mm^{-1}

Бетонски пресек је у притиску. / Concrete section is in compression.

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени

Крилни зид / Wing wall

SLS Loads

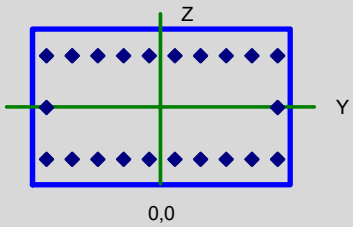
P =	-37	kN	(+ for compression)	
M =	67	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses

Materials

f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000	MPa
f_{ck} =	30	MPa			Solved
f_{cm} =	38	MPa	E_{cm} =	32837	MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.90	MPa			
Creep factor, Ct =	2				
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10946	MPa	E_s/E_{ctm}=	18.27	

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	127.2	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	1.97	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	105.5	MPa
at y_{st} =	500	mm
Number of bars in tension =	12	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	474.4	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0002	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1.4E-06	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
bar diameter, d_b =	14	mm		
Clear cover, c =	75	mm		
Bar spacing S =	100	mm	≤ 5(clr+db/2) = 410 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	1.6	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	600.0	mm	
$h = \min(H, y_{st}+db/2+c)$ =	582.0	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef} = \min[2.5(h-d), (h-x)/3]$ =	151.6	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	151598	mm^2	
A_{st} =	1766	mm^2	
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0116		

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	663.6	mm			(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	682.5	mm	min of =	663.6 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

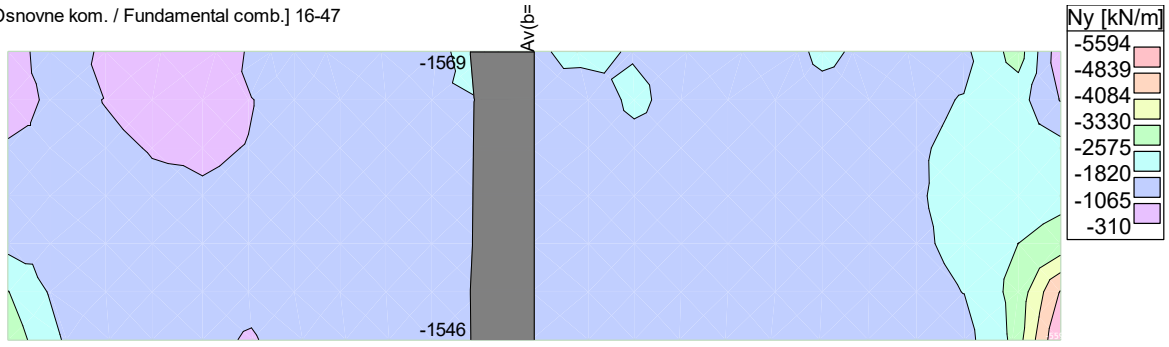
$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	6.09			
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0.00032	(7.9)		
$0.6f_s/E_s$ =	0.00032	max of =	$e_{sm}-e_{cm}$ =	0.000316
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0.21 mm**	(7.8)		

Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.21 mm ≤ 0.3 mm**	**OK**

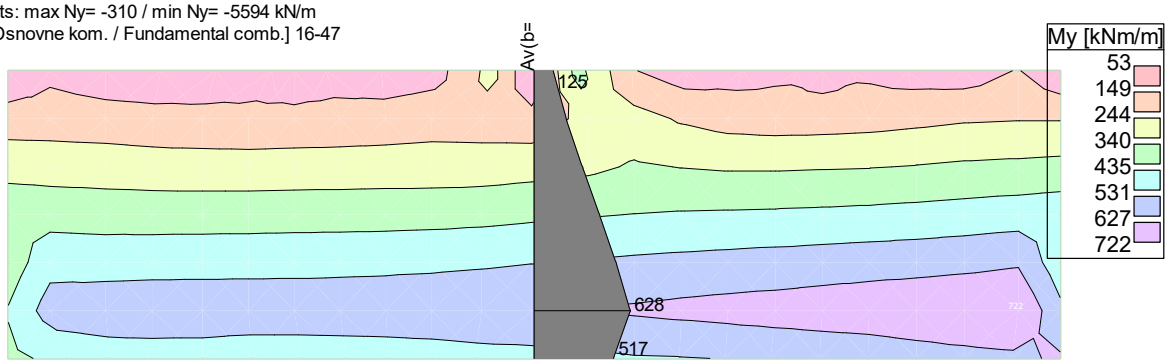
10.2 СРЕДЊИ СТУБ / PIERS

10.2.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments due to relevant load combinations

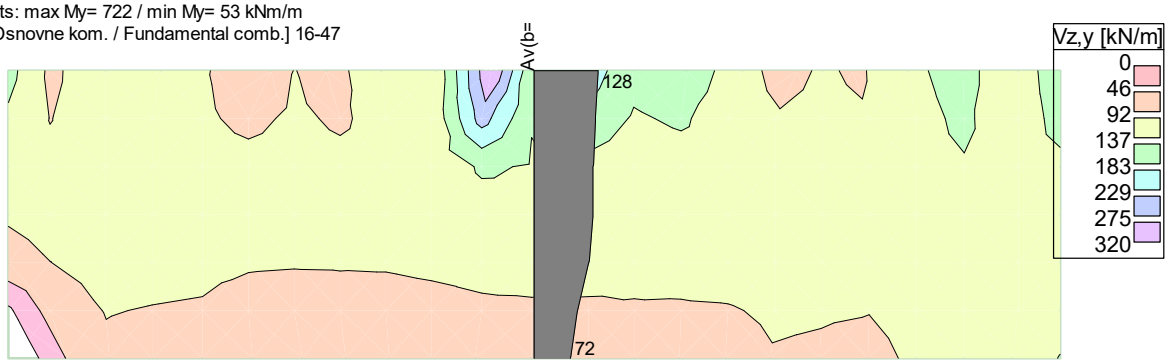
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_2
Slab Results: max Ny= -310 / min Ny= -5594 kN/m
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

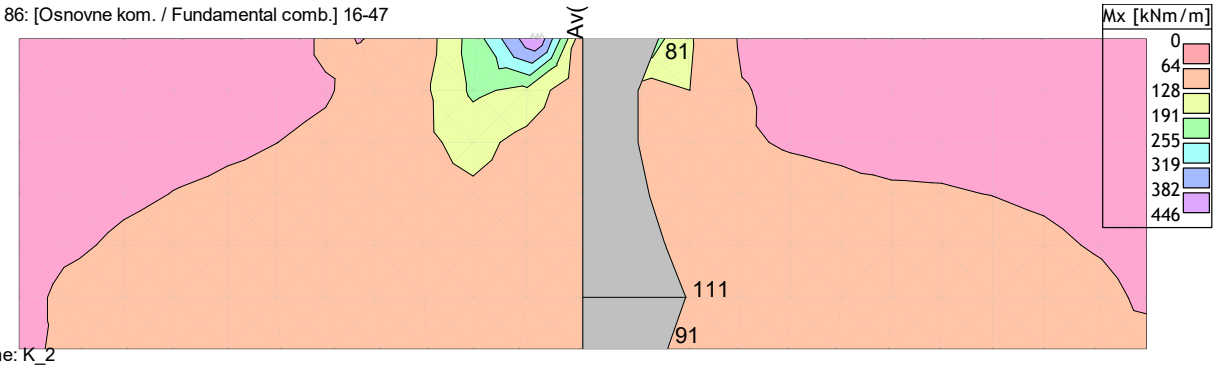


Frame: K_2
Slab Results: max My= 722 / min My= 53 kNm/m
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



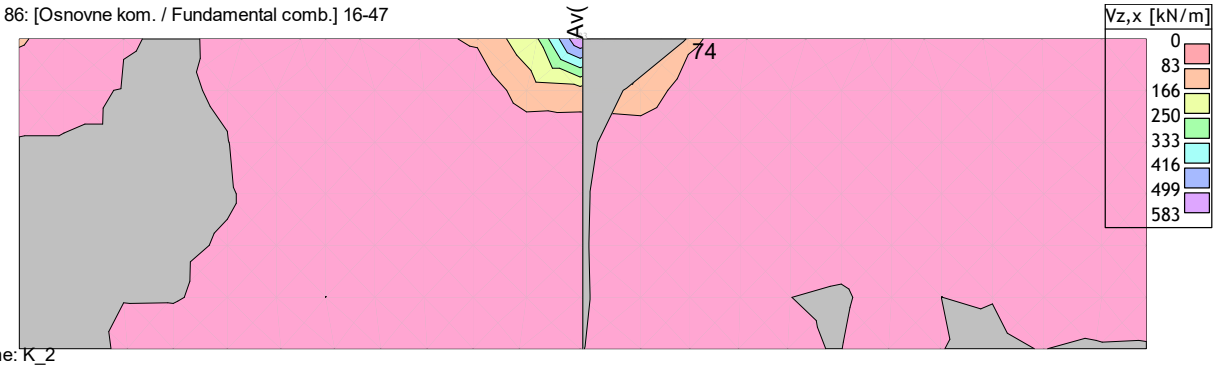
Frame: K_2
Slab Results: max Vz,y= 320 / min Vz,y= 0 kN/m

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



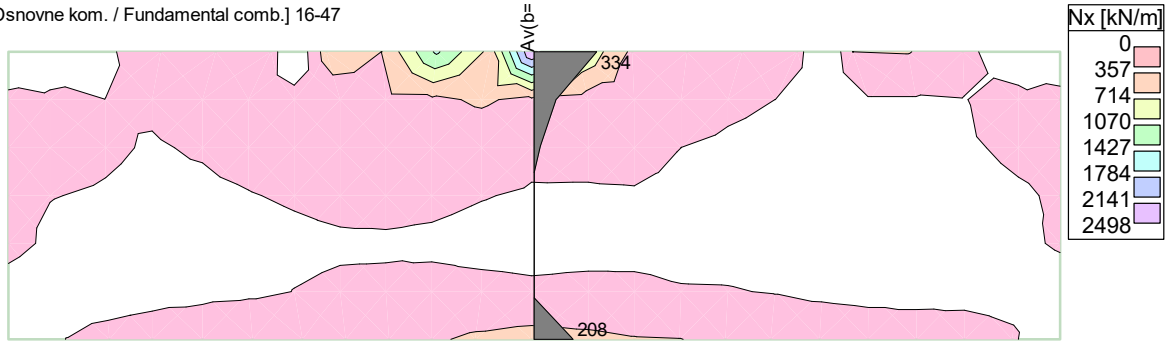
Frame: K_2
Slab Results: max Mx= 446 / min Mx= 0 kNm/m

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

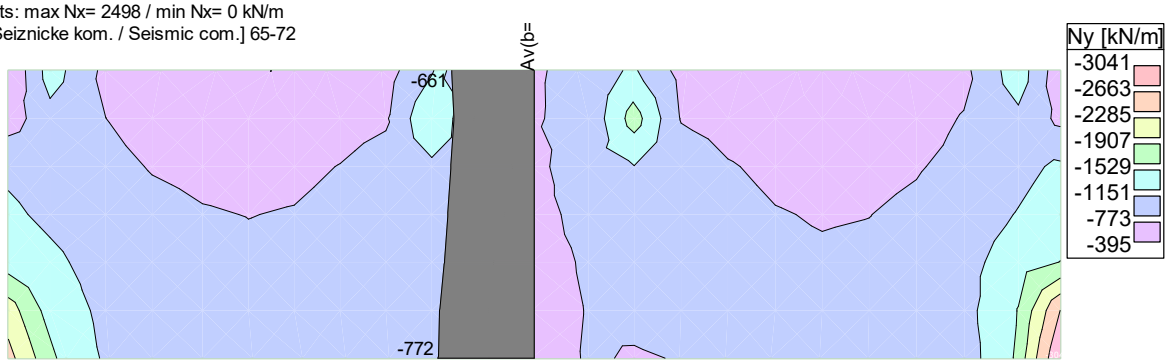


Frame: K_2
Slab Results: max Vz,x= 583 / min Vz,x= 0 kN/m

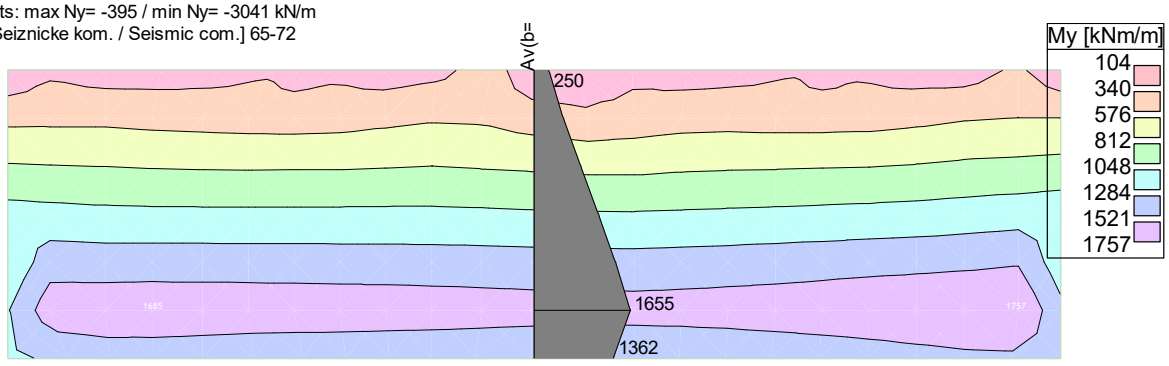
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_2
Slab Results: max Nx= 2498 / min Nx= 0 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

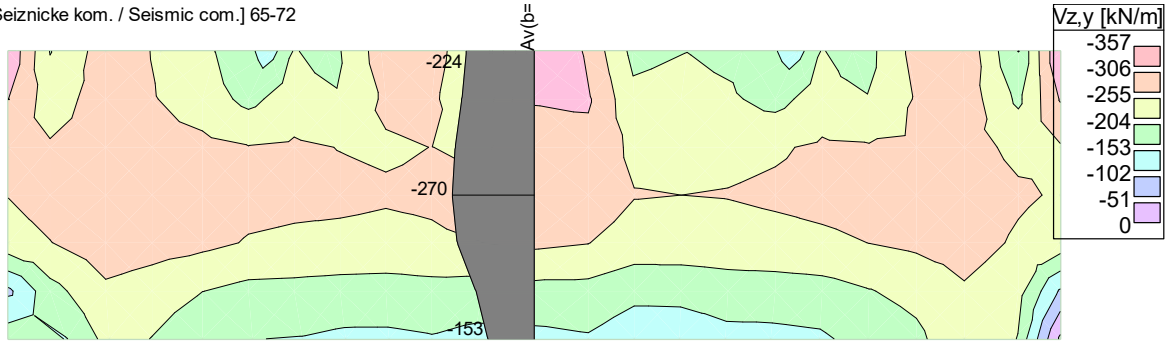


Frame: K_2
Slab Results: max Ny= -395 / min Ny= -3041 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

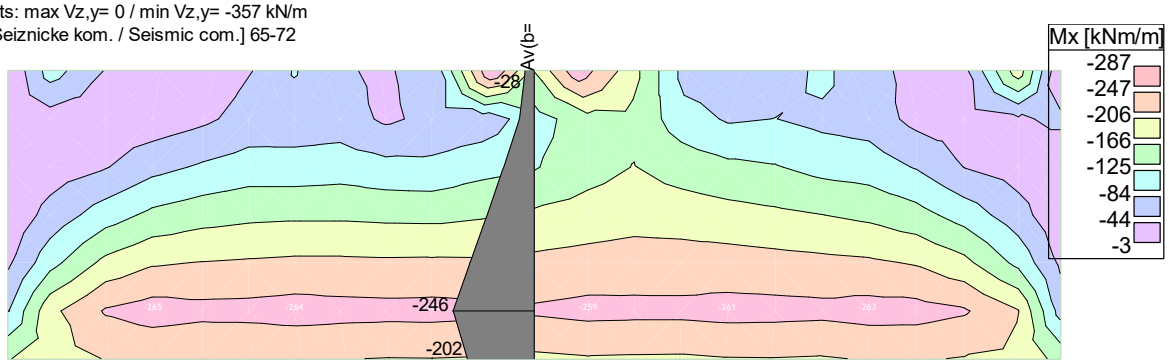


Frame: K_2
Slab Results: max My= 1757 / min My= 104 kNm/m

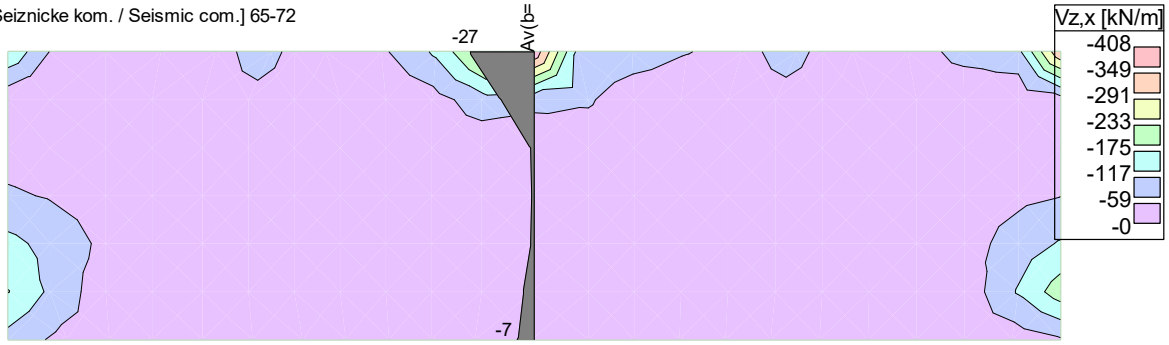
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



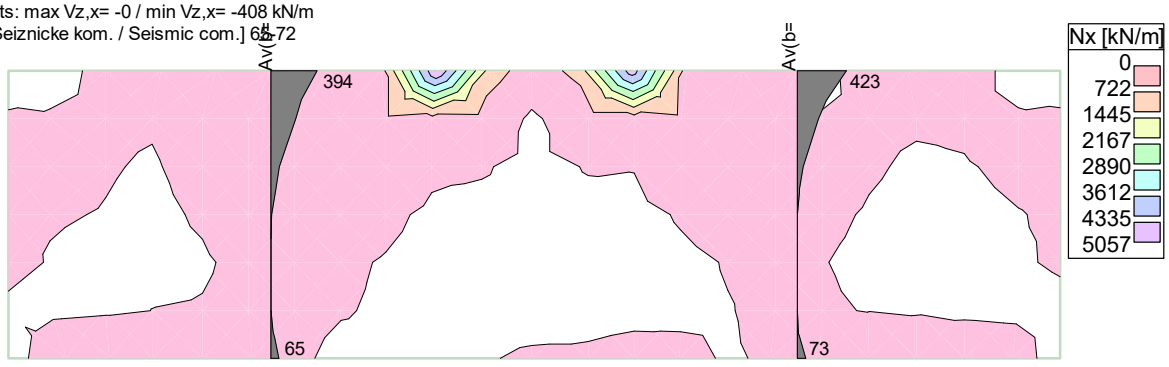
Frame: K_2
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -357 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Frame: K_2
Slab Results: max Mx= -3 / min Mx= -287 kNm/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

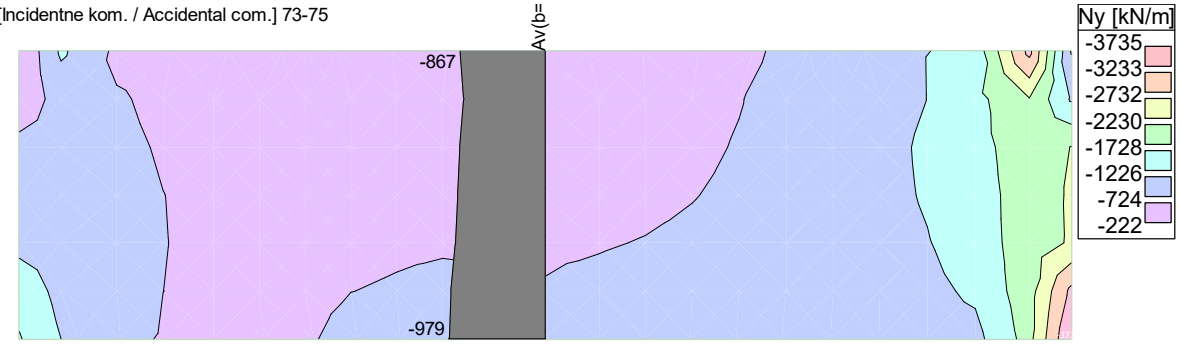


Frame: K_2
Slab Results: max Vz,x= -0 / min Vz,x= -408 kN/m
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

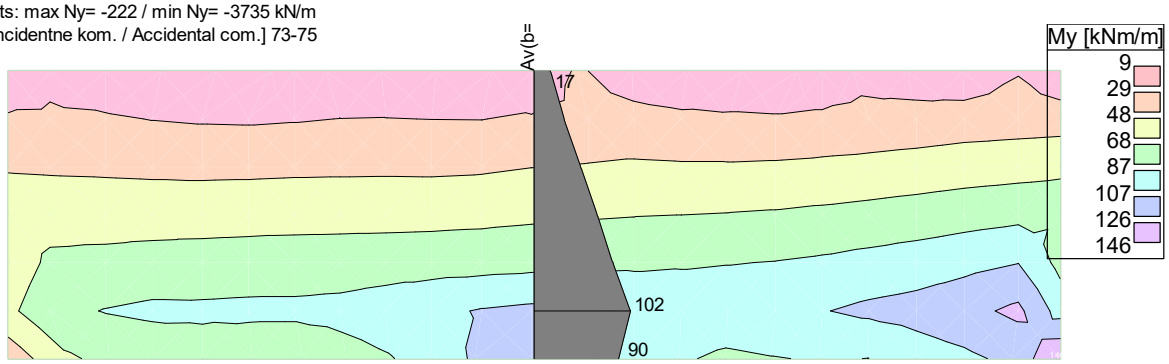


Frame: K_2
Slab Results: max Nx= 5057 / min Nx= 0 kN/m

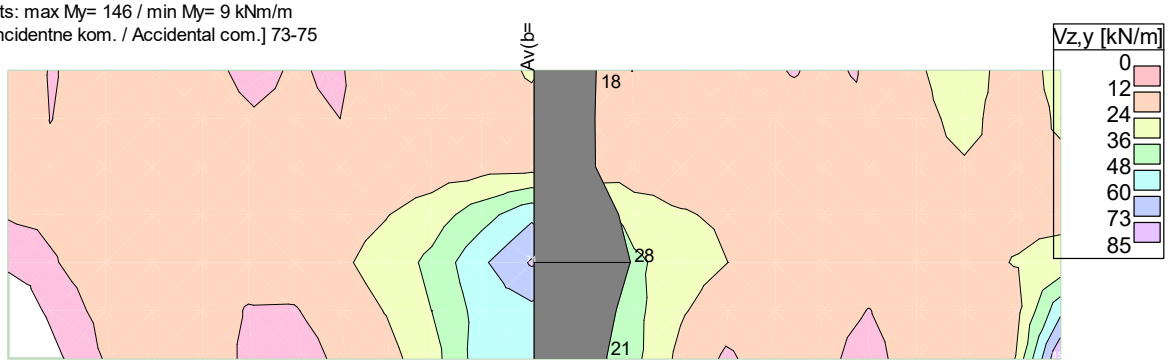
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



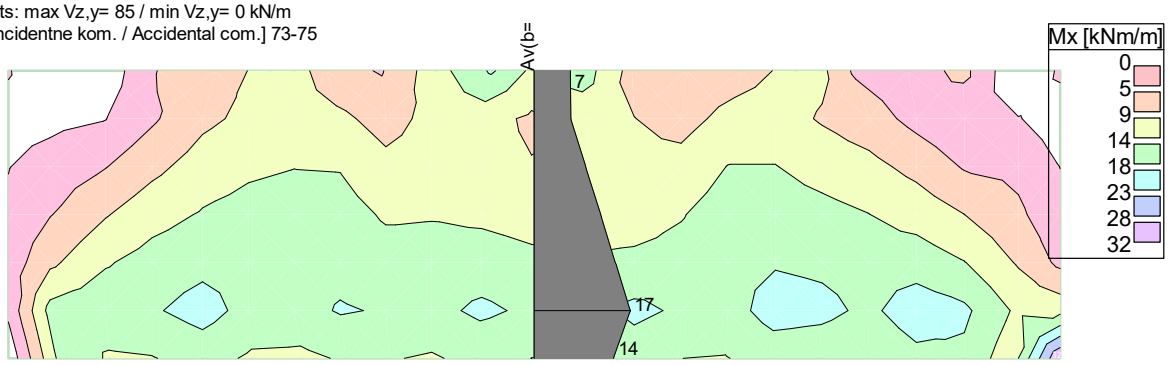
Frame: K_2
Slab Results: max Ny= -222 / min Ny= -3735 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_2
Slab Results: max My= 146 / min My= 9 kNm/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

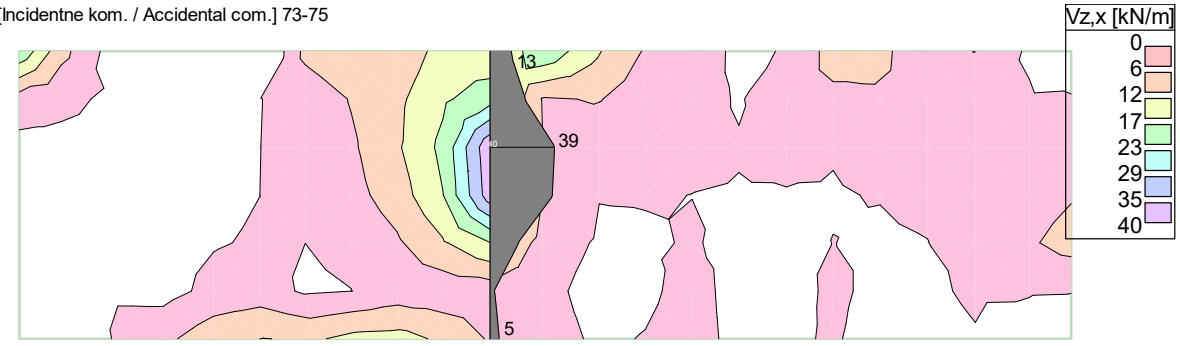


Frame: K_2
Slab Results: max Vz,y= 85 / min Vz,y= 0 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

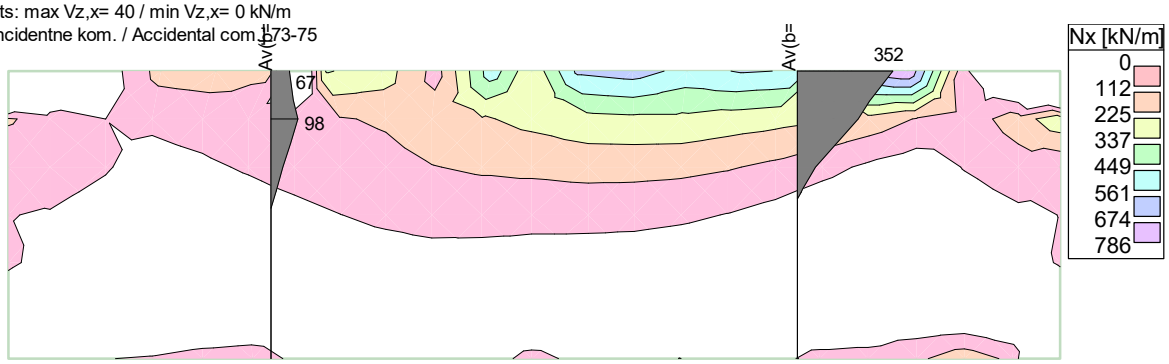


Frame: K_2
Slab Results: max Mx= 32 / min Mx= 0 kNm/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_2
Slab Results: max Vz,x= 40 / min Vz,x= 0 kN/m
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

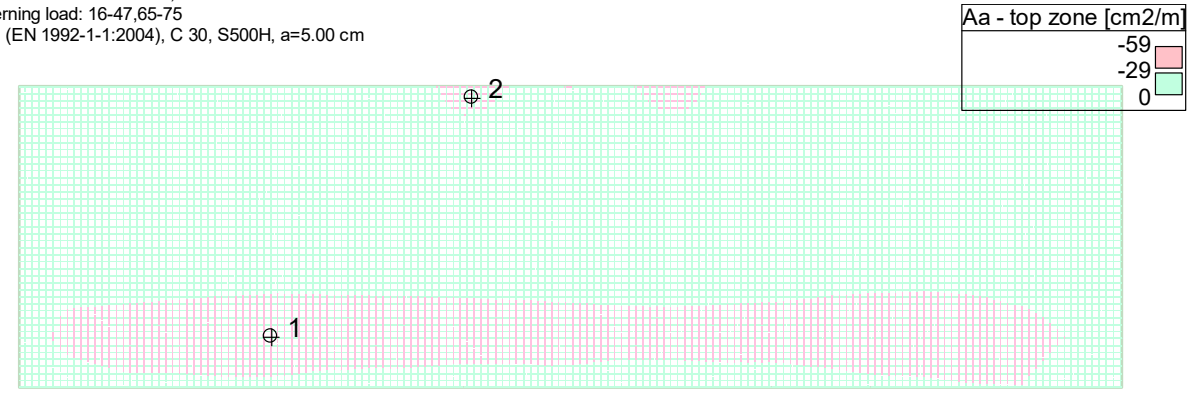


Frame: K_2
Slab Results: max Nx= 786 / min Nx= 0 kN/m

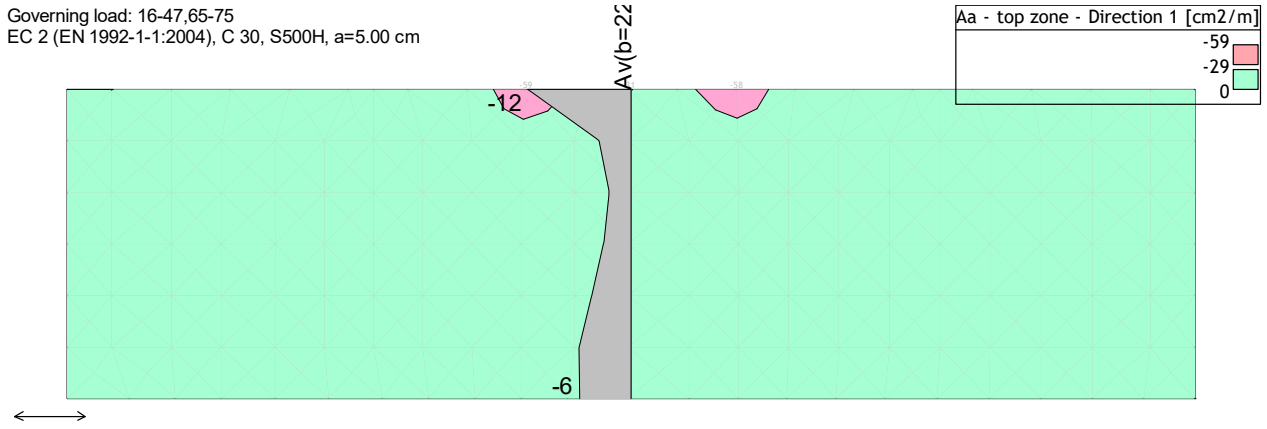
10.2.2 Димензинисање стуба / Design of piers

Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm

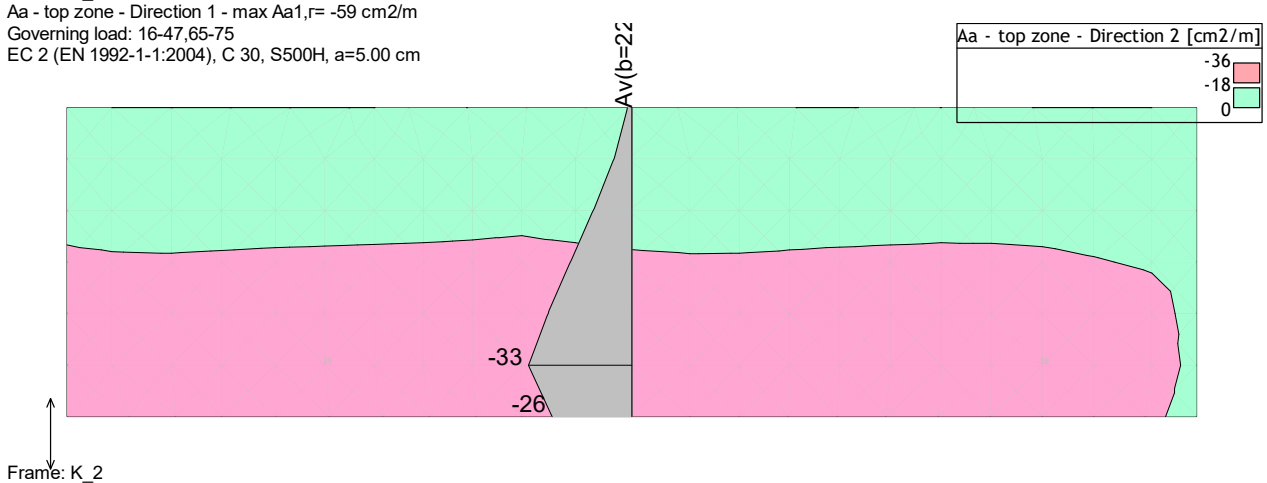
Frame: K_2
Aa - bottom zone - max Aa,d= 59 cm2/m
Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Frame: K_2
Aa - top zone - max Aa,g= -59 cm2/m



Frame: K_2
Aa - top zone - Direction 1 - max Aa1,r= -59 cm2/m
Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 30, S500H, a=5.00 cm



Frame: K_2
Aa - top zone - Direction 2 - max Aa2,r= -36 cm2/m

Лежишна греда формира се у првих 1m висине стуба

Frame: K_2
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=100.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=5.0 cm)
Bottom zone: S500H (a=5.0 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

Point 2
X=14 m; Y=8 m; Z=-1 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.50xIV +1.45xVII+1.45xVIII

Md = 77.49 kNm
Nd = 2497.67 kN
εb/εa = 0.620/25.000 ‰
Ag1 = 30.55 cm2/m
Ad1 = 30.70 cm2/m

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.29/50 \cdot 100 \cdot 100 = 15.08 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 100 = 400 cm^2$/m

$A_{sw,min} = \left(0{,}08\sqrt{3}\right)/50 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 1 = 5.54 cm^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2)

Усвојена хоризонтална арматура ***Ø20/10*** *(Aa=3184cm²/m)* обострано по висини лежишне греде

Усвојене четворосечне вертикалне узенгије ***2UØ8/20*** *(Aa=10.06cm²/m)* у висини наглавне греде

Остатак стуба армира се као зидно платно

Frame: K_2
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=100.0 cm
C 30 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=5.0 cm)
Bottom zone: S500H (a=5.0 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

Point 1
X=13 m; Y=4 m; Z=-6 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +1.00xXI-0.30xXII
Md = 302.37 kNm
Nd = -66.33 kN
εb/εa = -1.237/25.000 ‰
Ag1 = 6.61 cm2/m
Ad1 = 6.64 cm2/m

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +1.00xXI-0.30xXII
Md = 1673.57 kNm
Nd = -596.42 kN
εb/εa = -2.764/25.000 ‰
Ag2 = 35.35 cm2/m
Ad2 = 35.52 cm2/m

Point 2
Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +1.00xXI+0.30xXII
Md = 274.06 kNm
Nd = 26.51 kN
εb/εa = -1.118/25.000 ‰
Ag2 = 6.99 cm2/m
Ad2 = 7.02 cm2/m

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 100 = 20cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,vmax} = 0.04 \cdot 100 \cdot 100 = 400cm^2/m$

$A_{s,hmin} = \max(0.25A_{s,v};\ 0.001A_c) = 12.3cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

Подужна (вертикална) арматура стубова (СРПС ЕН 1992-1-1,9.5, /НА тачке 2.86 и 2.87)

$$A_{s,min} = \max\left(\frac{0.15 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}};\ 0.003A_c\right) = 30cm^2/m$$

Усваја се вертикална арматура ***Ø25/10*** *(Aa=49.1cm²/m)* обострано по ширини стуба

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/15*** *(Aa=13.4cm²/m)* обострано

10.2.3 Контрола граничне носивости стуба / Ultimate limit state

Меродавни утицаји за контролу граничне носивости

C2	N_{Ed} [kN/m]	$M_{y,Ed}$ [kNm/m]	$M_{z,Ed}$ [kNm/m]	$V_{zy,Ed}$ [kN/m]	$V_{zx,Ed}$ [kN/m]
Основне комбинације	1545	628	111	128	74
Сеизмичке комбинације	772	1655	246	270	27
Инцидентне комбинације	979	102	17	28	40

10.2.3.1 Контрола граничне носивости стуба за једноосно и двоосно савијање / Bending and Biaxial bending

(СРПС ЕН 1992-1-1, 5.8.9)

Основне комбинације

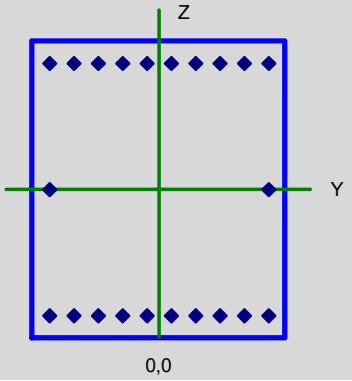
Materials:

f_{ck} =	30 MPa	E_{cm} =	32.8 GPa
f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,5		
γ_s =	1,15		
a_{cc} =	0,85		

Section Properties:

Height = 1000 mm Width = 1000 mm

Concrete section		Transformed section	
A_C =	1000000 mm²	A_T =	1051142 mm²
I_C =	8.3E+10 mm⁴	I_T =	9.24E+10 mm⁴
Y_{bC} =	500 mm	Y_{bT} =	500 mm



Reinforcing bars:

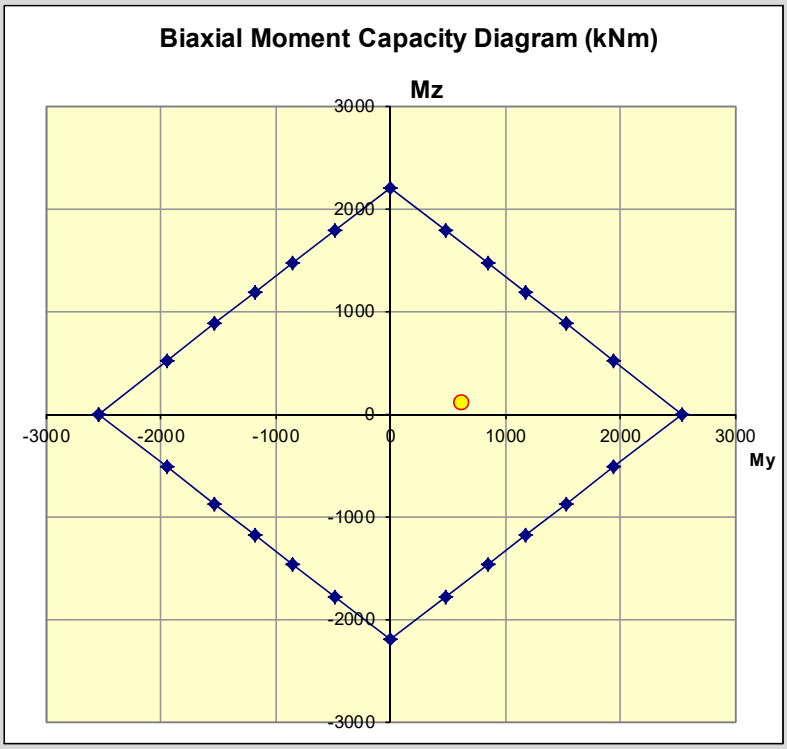
No.bars = 22 (< 300)
∑(As) = 10046 mm²
∑As/Ac = 0.01005
Concrete cover = 50 mm
Spiral/Stirrup dia. = 12 mm

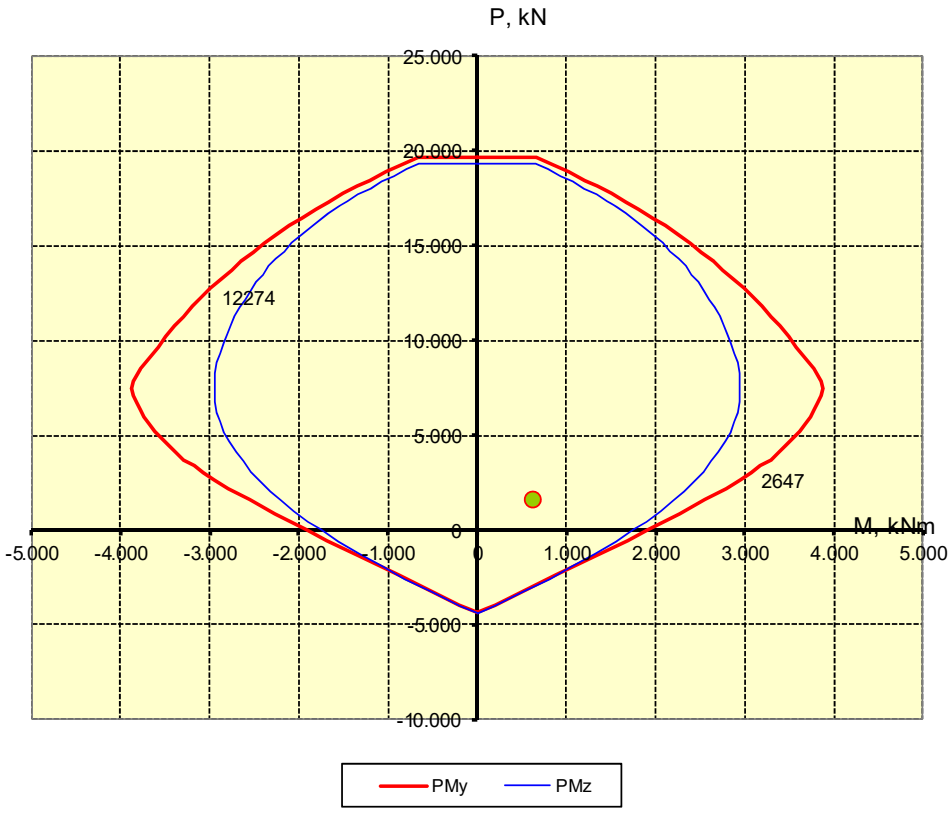
Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	491	-432.00	74.50
2	491	-336.00	74.50
3	491	-240.00	74.50
4	491	-144.00	74.50
5	491	-48.00	74.50
6	491	48.00	74.50
7	491	144.00	74.50
8	491	240.00	74.50
9	491	336.00	74.50
10	491	432.00	74.50
11	113	-432.00	500.00
12	113	432.00	500.00
13	491	-432.00	925.50
14	491	-336.00	925.50
15	491	-240.00	925.50
16	491	-144.00	925.50
17	491	-48.00	925.50
18	491	48.00	925.50
19	491	144.00	925.50
20	491	240.00	925.50
21	491	336.00	925.50
22	491	432.00	925.50

Load Description	Applied Loads P kN	M_y kNm	M_z kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdy} kNm	M_{Rdz} kNm	Demand Capacity Ratio $(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	Biaxial Interact'n coeff. a
Основне комб.	1546	628	111	2543	2201	0,297	1,000

My-Mz Contour plot at axial force P = 1546 kN (-4367,8 ÷ 19355)

$M_{Rdy\ neg}$ =	-2543,3 kNm	$M_{Rdy\ pos}$ =	2543,3 kNm	Sign convention
$M_{Rdz\ neg}$ =	-2200,7 kNm	$M_{Rdz\ pos}$ =	2200,7 kNm	My positive creates tension on the bottom
P/N_{rd} =	0,0724	a =	1	Mz positive creates tension on the right





Сеизмичке и инцидентне комбинације

Materials:

f_{ck} =	30	MPa	E_{cm} =	32,8 GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,2			
γ_s =	1			
a_{CC} =	0,85			

Load Description	Applied Loads P kN	M_y kNm	M_z kNm	Uniaxial Capacities M_{Rdy} kNm	M_{Rdz} kNm	Demand Capacity Ratio $(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	Biaxial Interact'n coeff. a
Сеизмичке комб.	772	1655	246	2518	2288	0,765	1,000
Инцидентне комб.	979	102	40	2604	2347	0,056	1,000

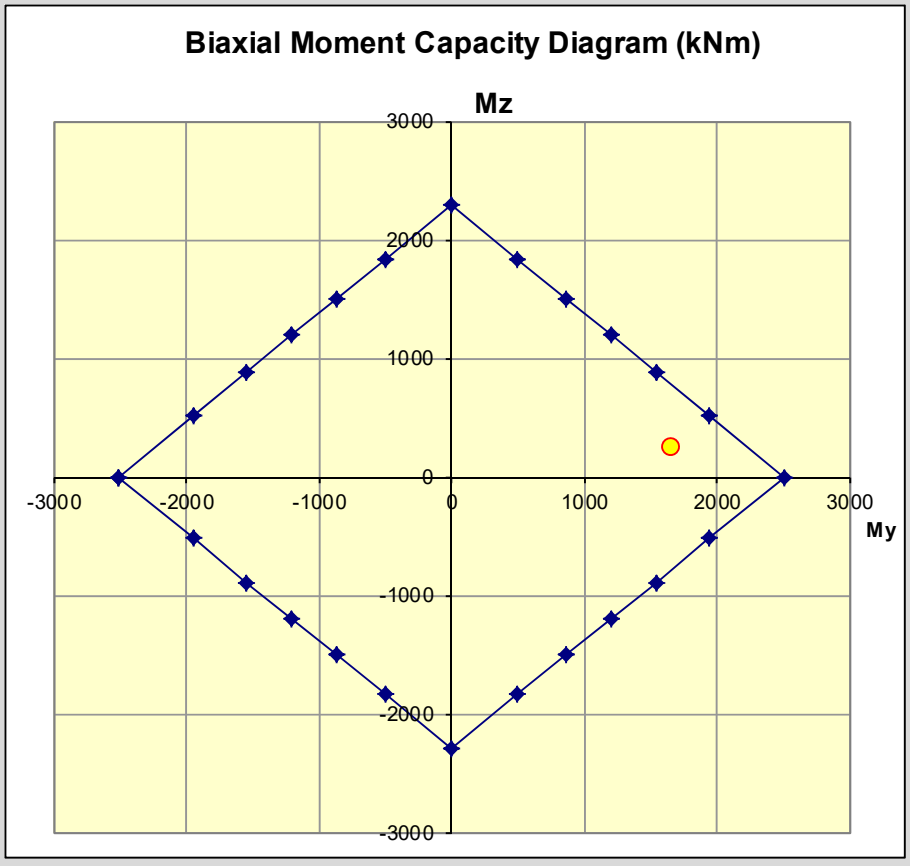
My-Mz Contour plot at axial force P = 772 kN (-5023 ÷ 23568,5)

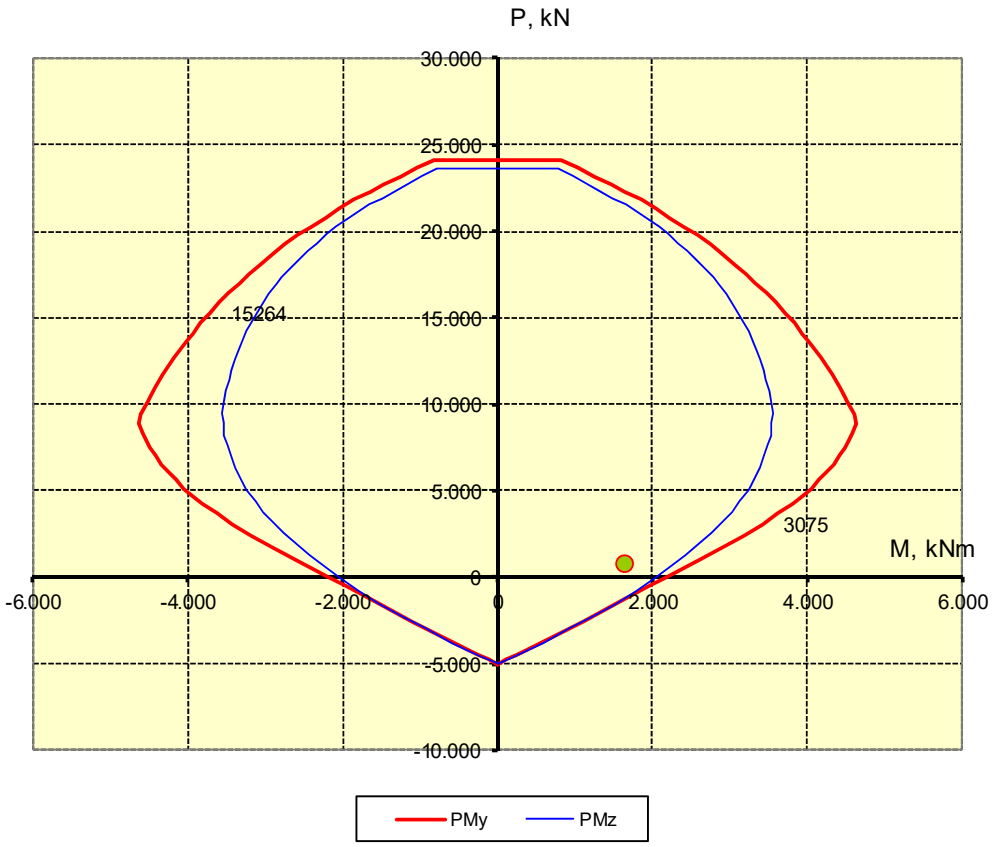
$M_{Rdy\ neg}$ = -2517,7 kNm $M_{Rdy\ pos}$ = 2517,7 kNm

$M_{Rdz\ neg}$ = -2288 kNm $M_{Rdz\ pos}$ = 2288 kNm

P/N_{rd} = 0,0294 a = 1

Sign convention
My positive creates tension on the bottom
Mz positive creates tension on the right





10.2.3.2 Носивост пресека на смицање / Design resistance for shear

$\max V_{Ed} = \sqrt{270^2 + 27^2} = 271 kN/m$

$\max V_{Rd} = \frac{b \cdot 0.9d \cdot \nu \cdot f_{cd}}{2} \geq V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot b \cdot d \quad \geq \min V_{Rd,c} = \left(\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right) \cdot b \cdot d$

$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{900}} = 1.471 < 2$

$\rho_i = \frac{A_{Sl}}{b \cdot d} = \frac{49{,}1}{100 \cdot 90} = 0.0055 < 0.02$

$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$

$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.471^{3/2} \cdot 2.5^{1/2} = 0.108$

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c = 1545 / 10000 = 0.15 kN/cm^2$

$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.471 \cdot (100 \cdot 0.0055 \cdot 2.5)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.15\right] \cdot 100 \cdot 90 = 1969 kN/m$

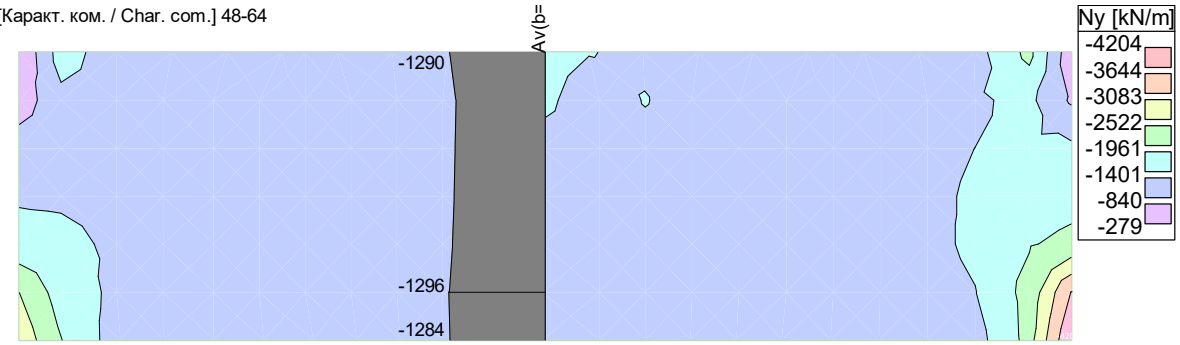
$\min V_{Rdc} = (0.108 \cdot 100 + 0.15 \cdot 0.15) \cdot 100 \cdot 100 = 1180 kN/m > V_{Ed}$

Носивост бетона на смицање је довољна за пријем смичућих сила.
The shear resistance of concrete section is sufficient to receive shear forces.

10.2.4 Контрола граничних стања употребљивост / Serviceability limit states

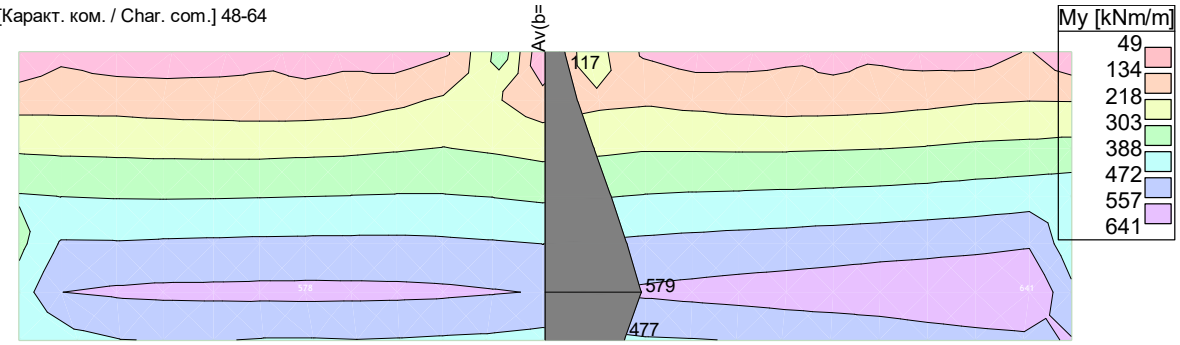
10.2.4.1 Стаички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења

Load 87: [Каракт. ком. / Char. com.] 48-64



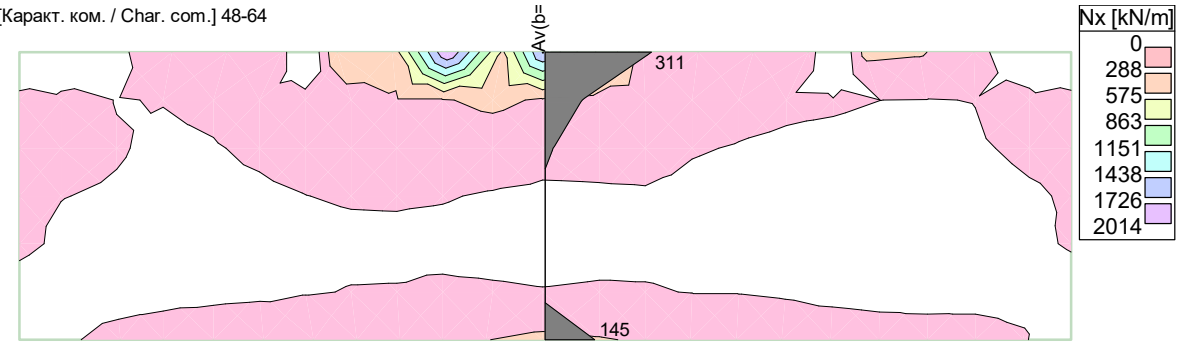
Frame: K_2
Slab Results: max Ny= -279 / min Ny= -4204 kN/m

Load 87: [Каракт. ком. / Char. com.] 48-64



Frame: K_2
Slab Results: max My= 641 / min My= 49 kNm/m

Load 87: [Каракт. ком. / Char. com.] 48-64



Frame: K_2
Slab Results: max Nx= 2014 / min Nx= 0 kN/m

10.2.4.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина / Stress and Crack control

SLS Loads

P =	1284 kN	(+ for compression)	
M =	579 kNm	(+ for tension on the bottom)	

Calculate stresses

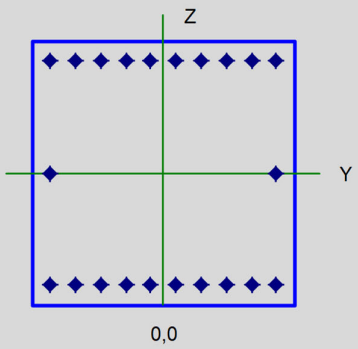
Solved

Materials

f_{yk} =	500 MPa	E_s =	200000 MPa
f_{ck} =	30 MPa		
f_{cm} =	38 MPa	E_{cm} =	32837 MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2,90 MPa		
Creep factor, Ct =	2		
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10946 MPa	E_s/E_{ctm}=	18,27

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	587,4	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	4,05	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	42,6	MPa
at y_{st} =	925,5	mm
Number of bars in tension =	10	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	925,5	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0004	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	6,3E-07	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
bar diameter, d_b =	25	mm		
Clear cover, c =	50	mm		
Bar spacing S =	100	mm	≤ 5(clr+db/2) = 312,5 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	1,6	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0,5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3,4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0,425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0,4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	1000,0	mm
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	988,0	mm
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	133,5	mm
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	133517	mm^2
A_{st} =	4910	mm^2
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0368	

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	401,1	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1235,0	mm	min of = 401,1 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	6,09		
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00013	(7.9)	
$0.6f_s/E_s$ =	0,00013	max of =	$e_{sm}-e_{cm}$ = 0,000128
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,05 mm**	(7.8)	

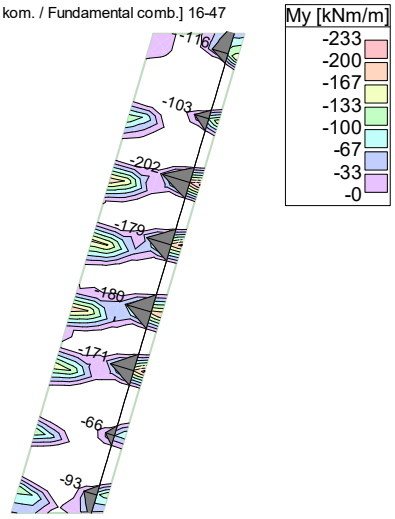
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,05 mm ≤ 0,3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени

10.3 НАГЛАВНЕ ГРЕДЕ / PILE CAP BEAMS

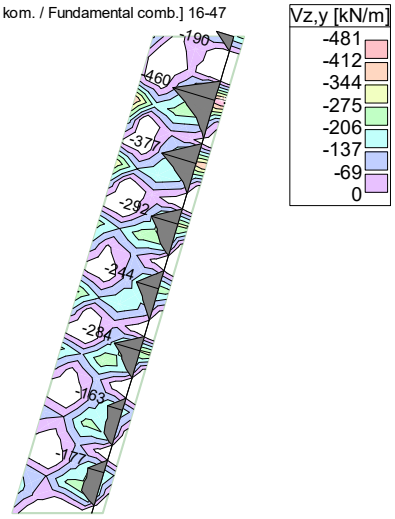
10.3.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces and moments

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



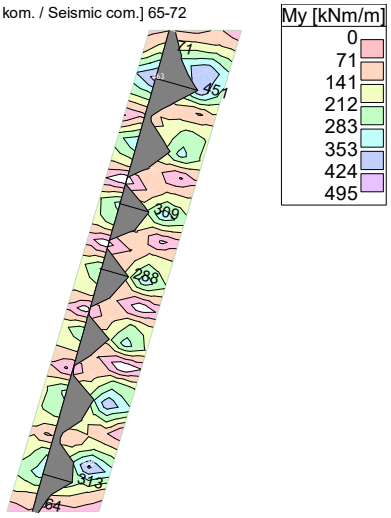
Level: [-6.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -233 kNm/m

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



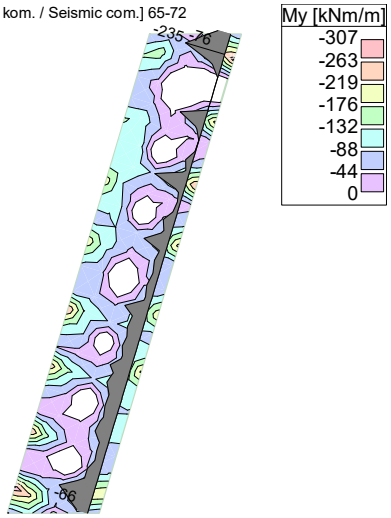
Level: [-6.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -481 kN/m

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



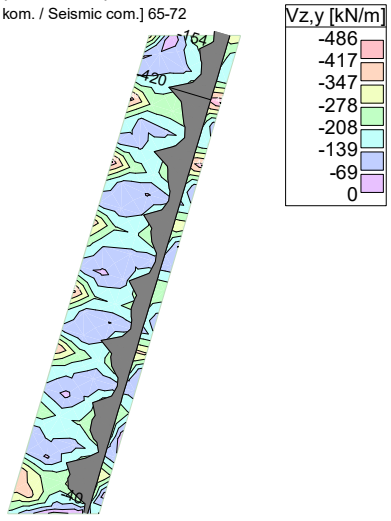
Level: [-6.80 m]
Slab Results: max My= 495 / min My= 0 kNm/m

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



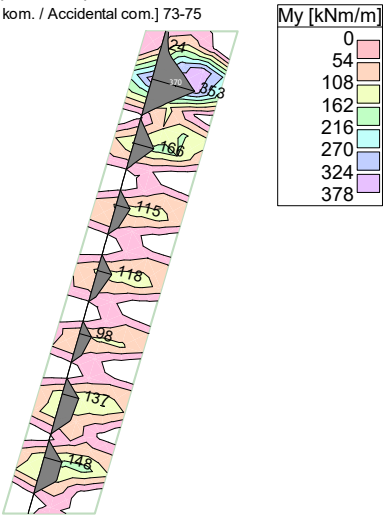
Level: [-6.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -307 kNm/m

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Level: [-6.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -486 kN/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

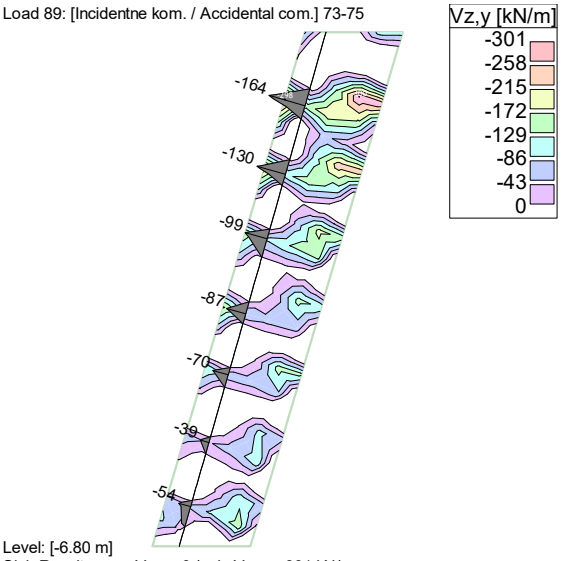


Level: [-6.80 m]
Slab Results: max My= 378 / min My= 0 kNm/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

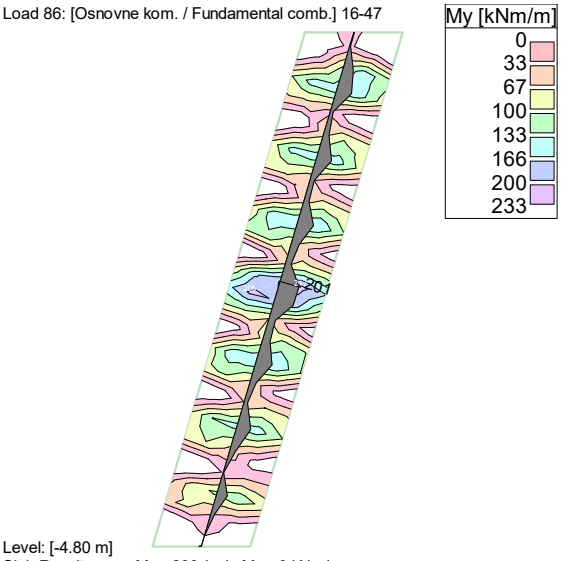
Level: [-6.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -159 kNm/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



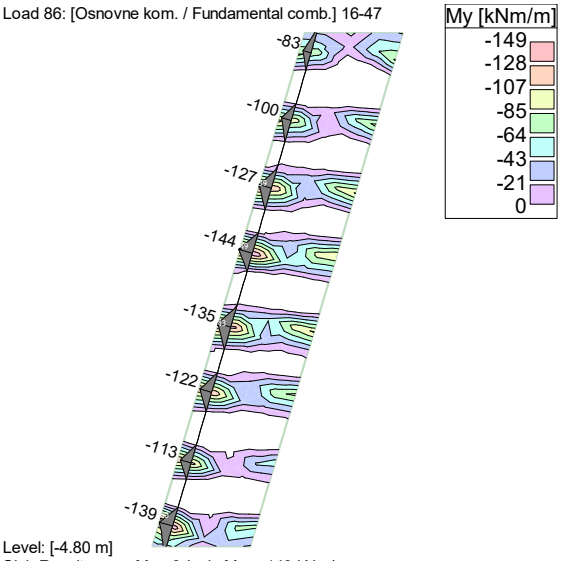
Level: [-6.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -301 kN/m

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



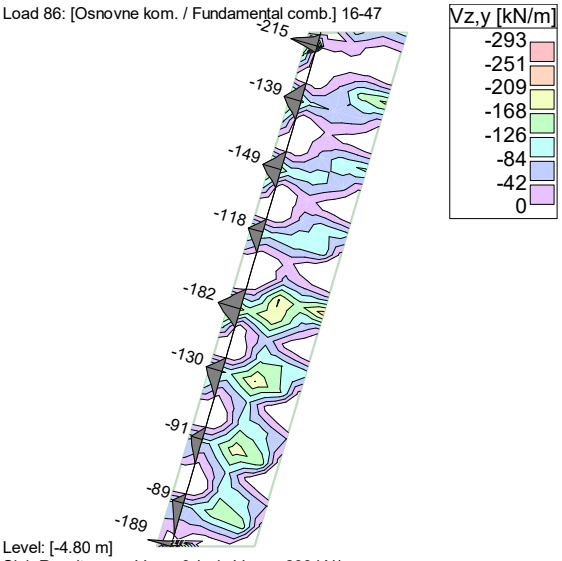
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max My= 233 / min My= 0 kNm/m

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



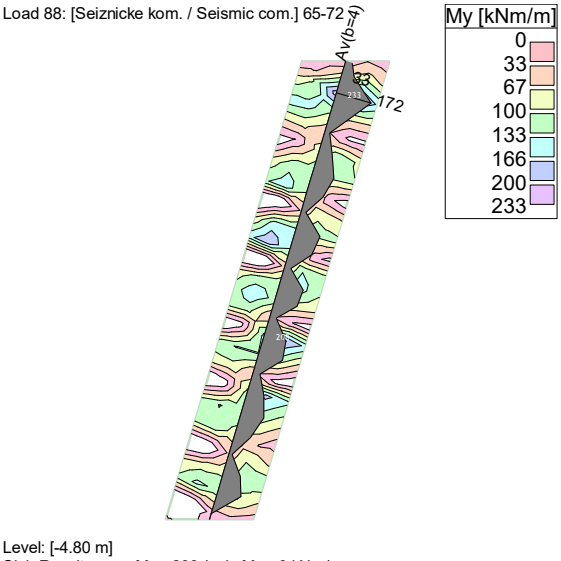
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -149 kNm/m

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



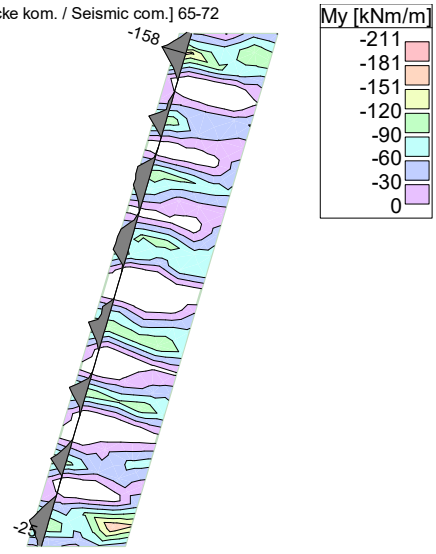
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -293 kN/m

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



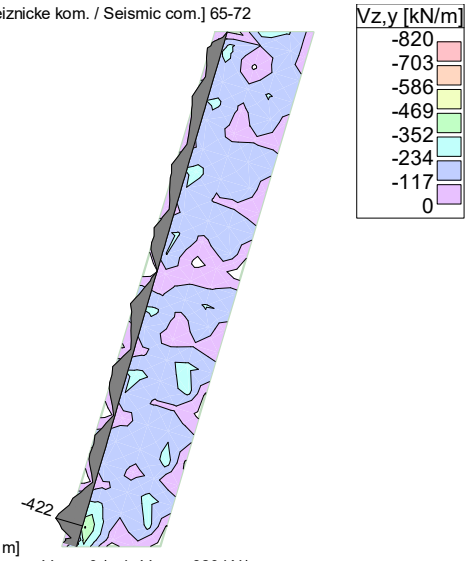
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max My= 233 / min My= 0 kNm/m

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



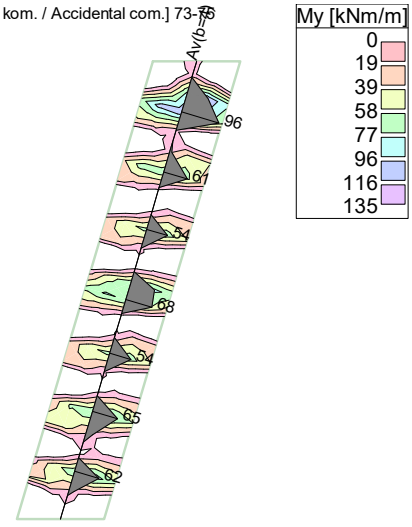
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -211 kNm/m

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



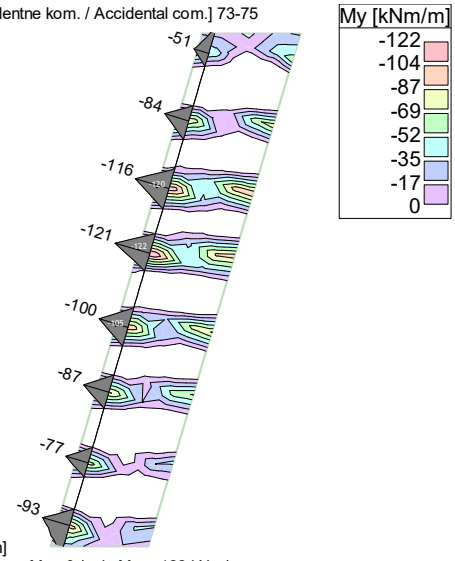
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -820 kN/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



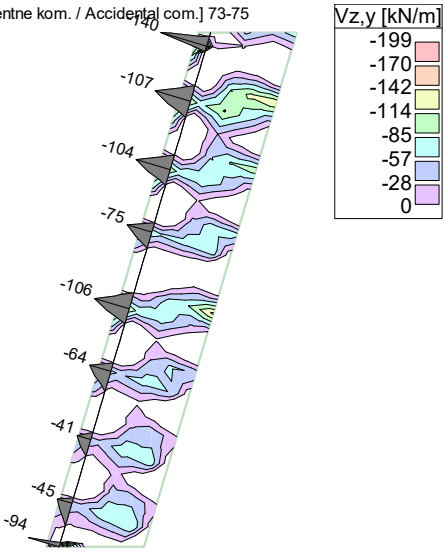
Level: [-4.80 m]
Slab Results: max My= 135 / min My= 0 kNm/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Level: [-4.80 m]
Slab Results: max My= 0 / min My= -122 kNm/m

Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Level: [-4.80 m]
Slab Results: max Vz,y= 0 / min Vz,y= -199 kN/m

10.3.2 Димензионисање / Design

10.3.2.1 Минимална и максимална арматура / Minimum and maximum reinforcement areas

$A_{s,min}=0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\cdot b\cdot d=0.26\frac{0.26}{50}\cdot 100\cdot 150=20.28cm^2$ (СРПС ЕН EN 1992-1-1, 9.2)

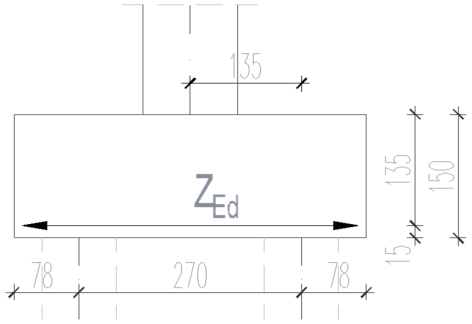
$A_{s,max}=0.04\cdot b\cdot d=0.04\cdot 100\cdot 150=600cm^2$

$$\rho_{w,min}=A_{sw,min}/(s\cdot b\cdot \sin\alpha)=(0.08\sqrt{f_{ck}})/f_{yk}=0.32\%$$

$$s_{st}=20cm<s_{st,max}=0.75\cdot d=0.75\cdot 120=90cm$$

10.3.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу / Reinforcement in transverse direction

Максимална нормална сила у шипу јавља се услед основне комбинације оптерећења (УЛС) као што је приказано у Поглављу 10.4.1.



$Z_{Ed}=N_{Ed}\cdot 1.35/1.35=3595\cdot 1.35/1.35=3595kN$

$_{pot}A_{s,h}=3595/(2.7\cdot 50/1.15)=30.62cm^2/m$

Усвојено ***±∅20/10*** ($A_s=31.4cm^2/m$)

Димензионисање према трансверзалним силама

$V_{Ed}=3595/0.9=3994$ kN/m

$$\max V_{Rd}=\frac{b\cdot 0.9d\cdot \nu\cdot f_{cd}}{2}\geq V_{Rd,c}=[C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}]\cdot b\cdot d \geq \min V_{Rd,c}=\nu_{min}\cdot b\cdot d$$

$$k=1+\sqrt{\frac{200}{d}}=1+\sqrt{\frac{200}{1350}}=1.385<2$$

$$\rho_i=\frac{A_{Sl}}{b\cdot d}=\frac{31.4}{100\cdot 135}=0.0023<0.02$$

$$C_{Rd,c}=0.18/\gamma_c=0.18/1.5=0.12$$

$$\nu_{min}=0.035\cdot k^{3/2}\cdot f_{ck}^{1/2}=0.035\cdot 1.385^{3/2}\cdot 2.5^{1/2}=0.09$$

$$V_{Rd,c}=\left[0.12\cdot 1.385\cdot(100\cdot 0.0023\cdot 2.5)^{1/3}\right]\cdot 100\cdot 135=1866kN/m$$

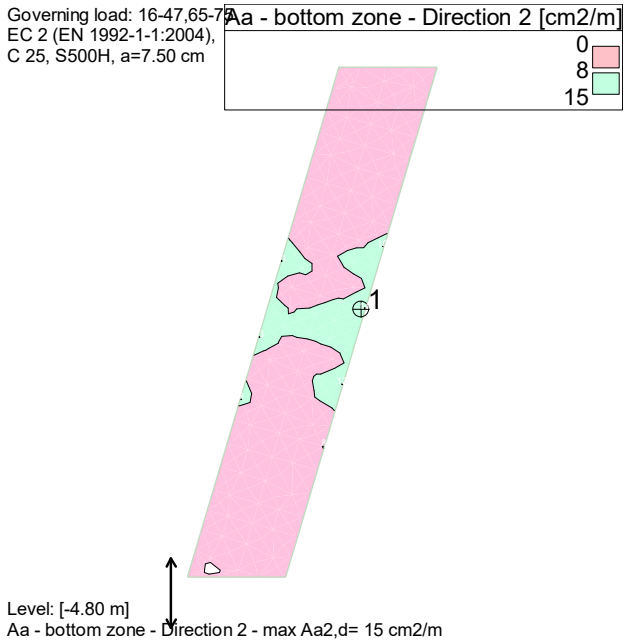
$\min V_{Rdc}=0.09\cdot 100\cdot 150=1350$kN/m < V_{Ed} – потребна арматура

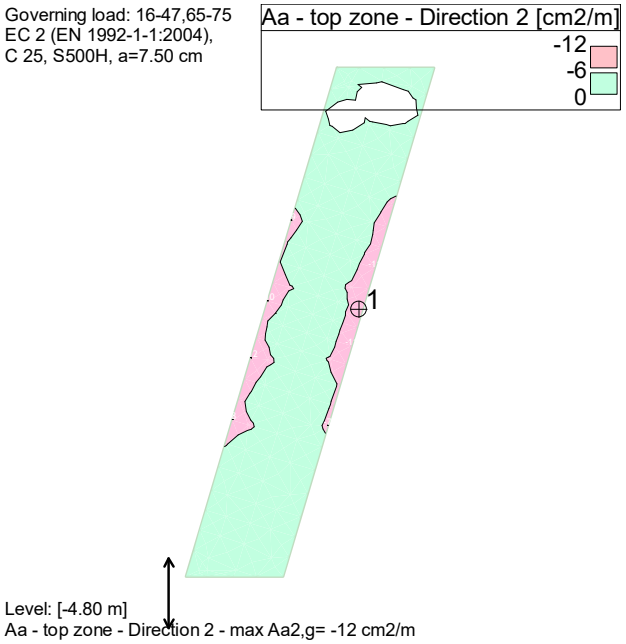
$\max V_{Rd}=\alpha_{cw}\cdot b_w\cdot z\cdot \nu_1\cdot f_{cd}/(\cot\theta+\tan\theta)=1\cdot 100\cdot 135\cdot 0.6\cdot(0.85\cdot 2.5/1.5)/2=5738$kN/m > V_{Rdc}

$A_{sw}=V_{Rd,s}\cdot s/z\cdot f_{ywd}\cdot\cot\theta=3994\cdot 10/(135\cdot 0.9\cdot 0.8\cdot 50\cdot 1/1.15)=9.45cm^2$ на дужини s

Усвајају се узенгије 2xU*∅14/10* ($A_{sw}=12.32cm^2/m$) у ширини главе шипа на целој дужини

10.3.2.3 Димензионисање арматуре у подужном правцу / Reinforcement in longitudinal direction





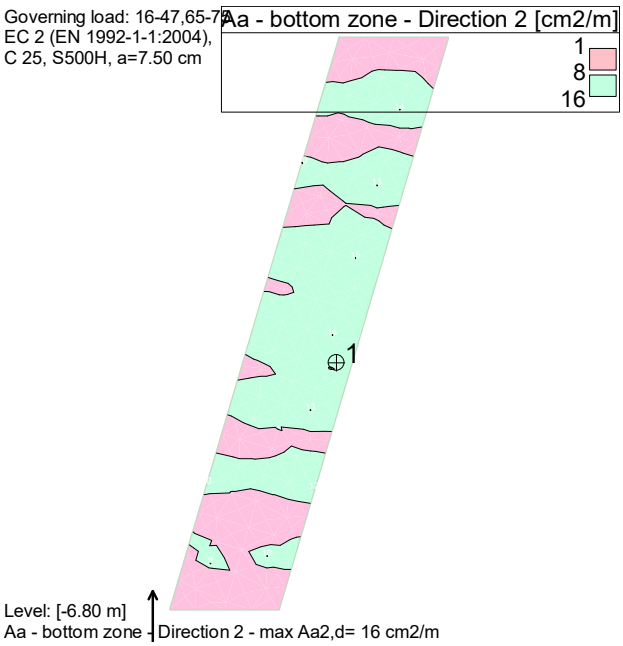
Level: [-4.80 m]
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=150.0 cm
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=7.5 cm)
Bottom zone: S500H (a=7.5 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

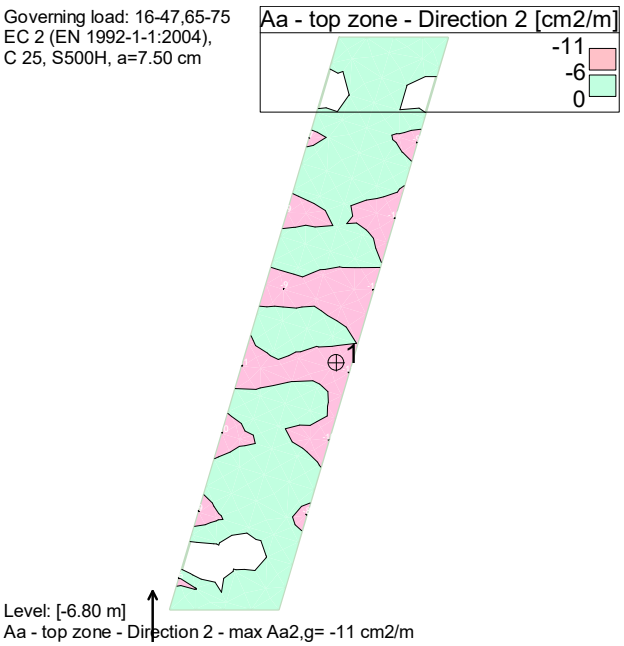
Point 1
X=5 m; Y=10 m; Z=-5 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +0.30xXI-1.00xXII
Md = 35.22 kNm
Nd = 92.91 kN
εb/εa = 0.310/25.000 ‰
Ag1 = 0.63 cm2/m
Ad1 = 1.67 cm2/m

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX +0.30xXI-1.00xXII
Md = 119.58 kNm
Nd = 894.55 kN
εb/εa = 0.582/25.000 ‰
Ag2 = 8.25 cm2/m
Ad2 = 14.35 cm2/m

Меродавна минимална арматура

Усвојено ***±(∅20/20+∅16/20)*** (A_s=25.75cm²/m)





Level: [-6.80 m]
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
slab depth h=150.0 cm
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
Top zone: S500H (a=7.5 cm)
Bottom zone: S500H (a=7.5 cm)
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75

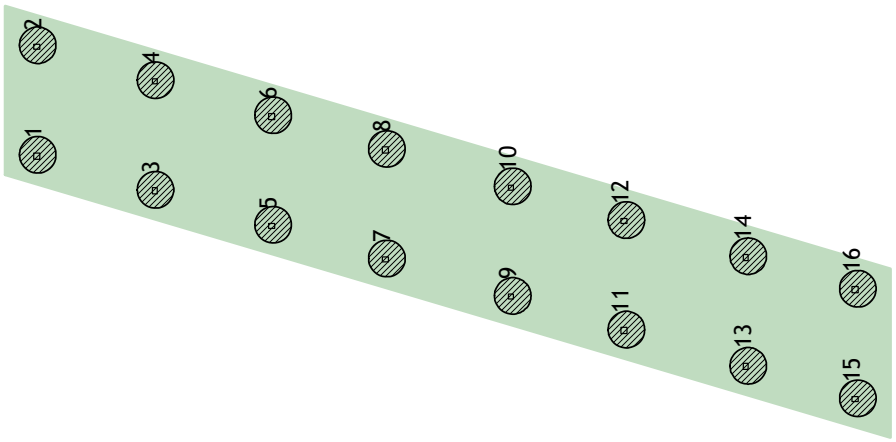
Point 1
X=15 m; Y=8 m; Z=-7 m
Direction 1: (α=0°)
Critical combination:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+0.50xX -1.00xXI+0.30xXII
Md = -79.58 kNm
Nd = 71.98 kN
εb/εa = -0.381/25.000 ‰
Ag1 = 2.12 cm2/m
Ad1 = 1.77 cm2/m

Direction 2: (α=90°)
Critical combination:
1.35xI+1.35xII+1.00xIII+1.50xIV +1.45xVI+1.45xVII+1.13xIX+0.90xX
Md = -34.88 kNm
Nd = 755.75 kN
εb/εa = 0.808/25.000 ‰
Ag2 = 9.70 cm2/m
Ad2 = 8.10 cm2/m

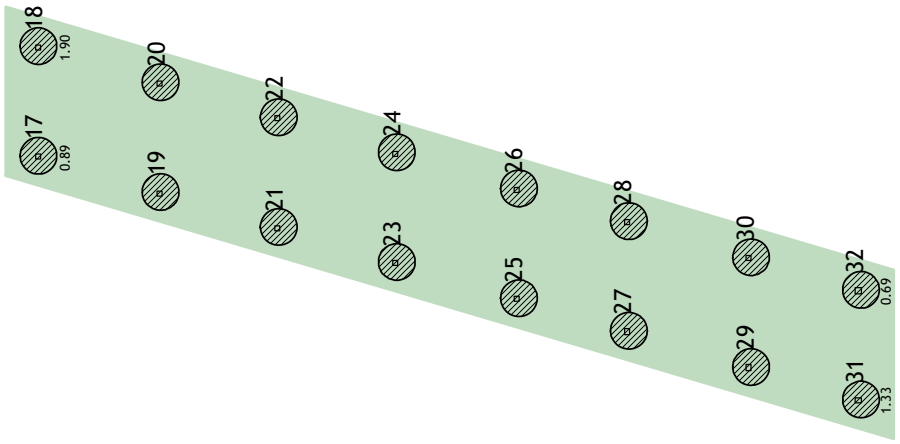
Меродавна минимална арматура

Усвојено ***±(∅20/20+∅16/20)*** (A_s=25.75cm^2/m)

10.3.3 Контрола наглавне греде на пробој / Punching control

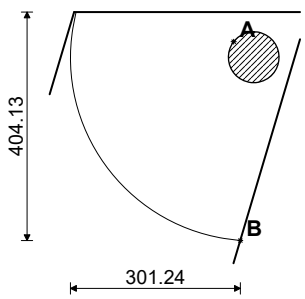


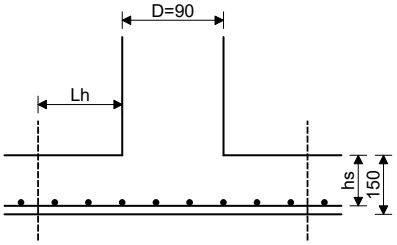
Level: [-4.80 m]
Slab punching verification - disposition



Level: [-6.80 m]
Slab punching verification - disposition

Slab punching verification
Level: [-6.80 m]
Section 18 (18.86,19.90,-6.80)
C 25





CHECK AT THE FACE OF THE COLUMN

Critical combination:
1.35xI+1.35xII+III+1.50xIV+1.45xVII(1)+1.45xVIII(1)+1.13xIX+0.90xX

Column force	N =	3595.1 kN
Maximal shear stress (point A)	ved =	0.908 MPa
Slab thickness	d,pl =	1.500 m
Effective depth of the slab	hs =	1.400 m

Characteristic compressive cylinder strength of concrete
fck = 25.000 MPa
Design value of concrete compressive strength
fcd = 16.667 MPa

Factor	v =	0.540
Factor	γc =	1.500
Design value of the maximum shear force	vRd,max =	4.500 MPa

Condition: ved <= vRd,max (0.91 <= 4.50)
The criteria is satisfied.

Characteristic compressive cylinder strength of concrete fck=25.00Mpa
Design value of concrete compressive strength

	fcd =	16.667 MPa
Factor	v =	0.540
Factor	γc =	1.500
Design value of the maximum shear force	vRd,max =	4.500 MPa

Condition: ved <= vRd,max (0.45 <= 4.50)
The criteria is satisfied.
Existing slab reinforcement

Area of the reinforcement - direction 1	Aa,1 =	41.469 cm2
Reinforcement ratio - direction 2	ρ,1 =	0.296 %
Area of the reinforcement - direction 2	Aa,2 =	15.708 cm2
Reinforcement ratio - direction 2	ρ,2 =	0.112 %
Mean value of reinforcement ratio	ρl =	0.182 %
Factor	CRd,c =	0.120
Factor	K1 =	0.100
Factor	k,vmin=	0.035
Factor	vmin=	0.283
Normal concrete stress	σcp =	-0.062 MPa

Punching shear resistance of slab without shear reinforcement
vRd,c = 0.268 MPa
Condition: ved <= vRd,c (0.45 <= 0.27)
Shear reinforcements is required.

Ratio	ved / vRd,c =	1.689
Punching shear reinforcement S500H		
Inclination angle	α =	90°
Bar spacing in radial direction	sr =	10.000 cm
Required area of shear reinforcement	Asw =	1.903 cm2

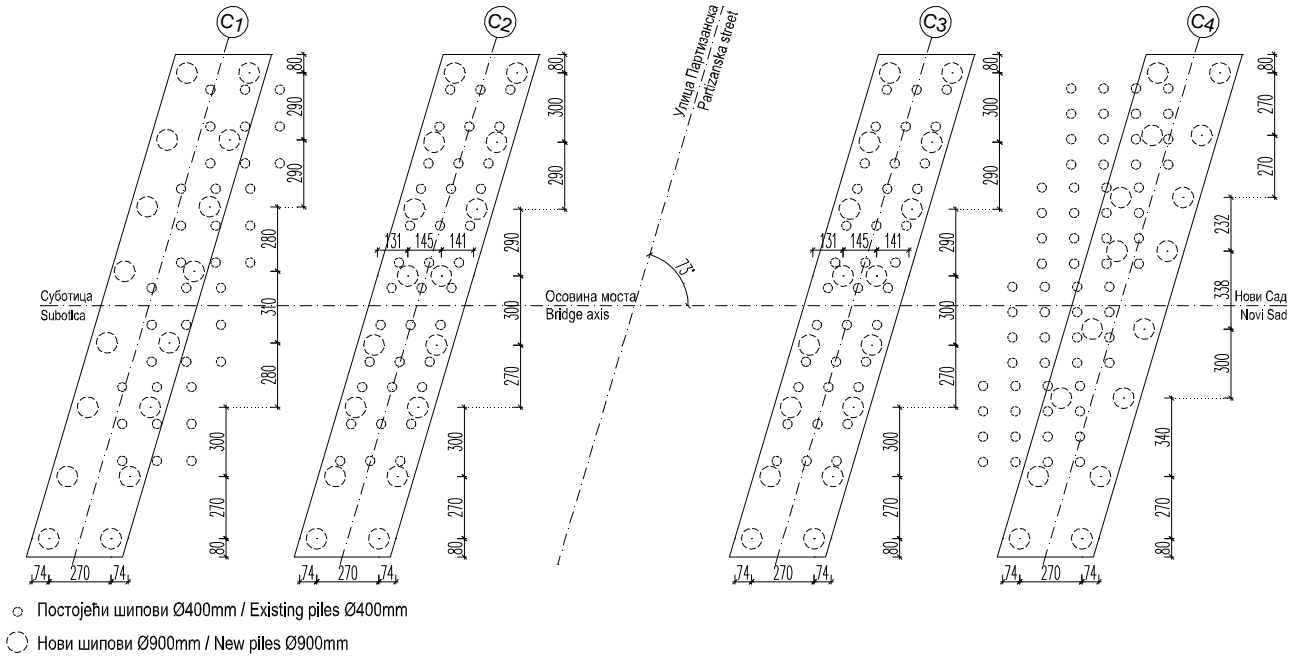
Усвојене четворосечне узенгије у попречном правцу имају довољну носивост

2UØ14/10 (A_{sw}= 6.16cm^2)

У подужним правцу усвајају се ***UØ12/10*** (A_{sw}= 4.52cm^2)

10.4 ШИПОВИ / PILES

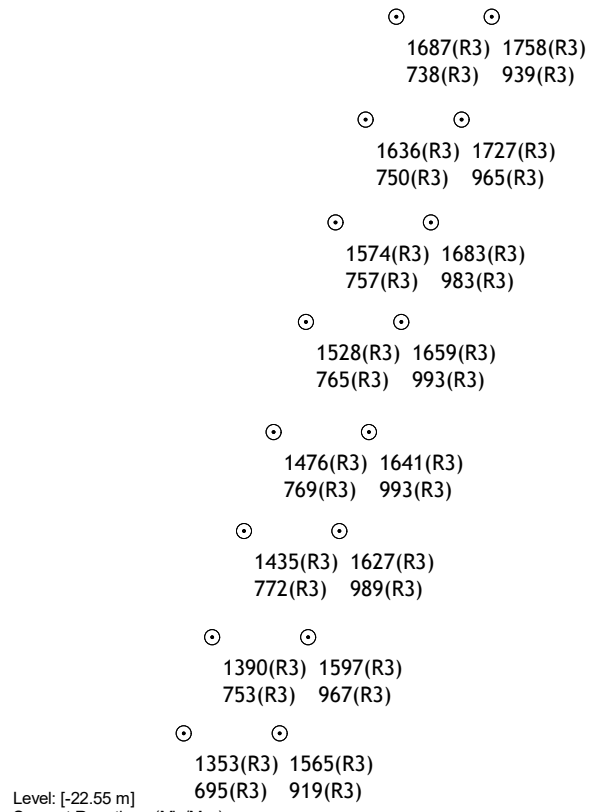
Основа шипова и постојећих шипова / Layout of piles and existing piles



10.4.1 Силе у нивоу базе шипа / Reactions

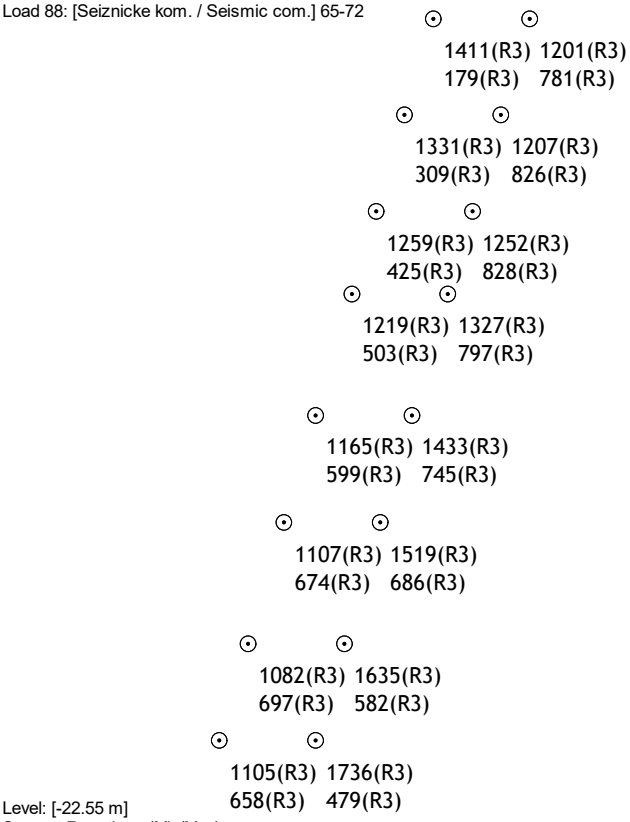
Обални стубови / Abutments

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



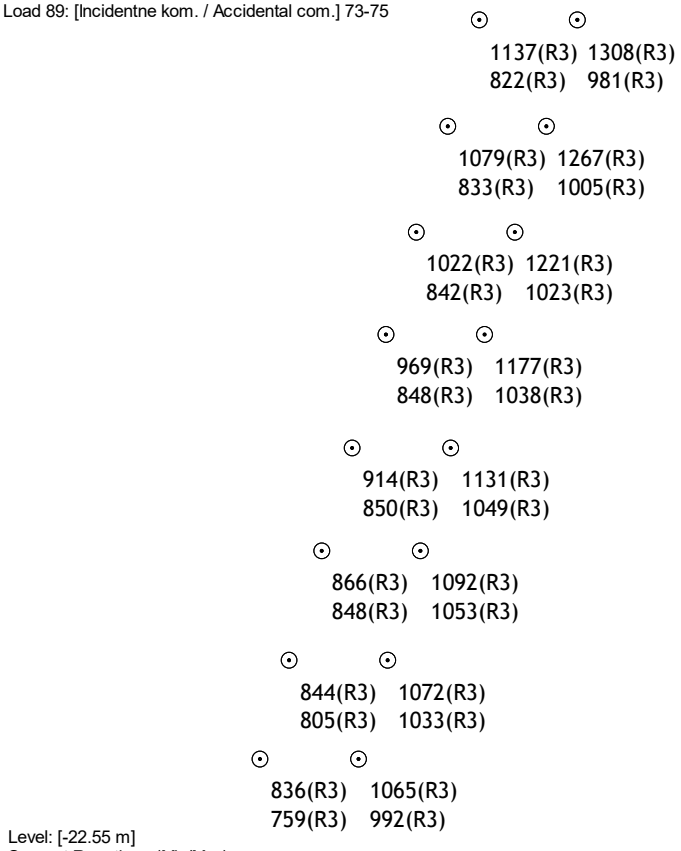
Level: [-22.55 m]
Support Reactions (Min/Max)

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Level: [-22.55 m]
Support Reactions (Min/Max)

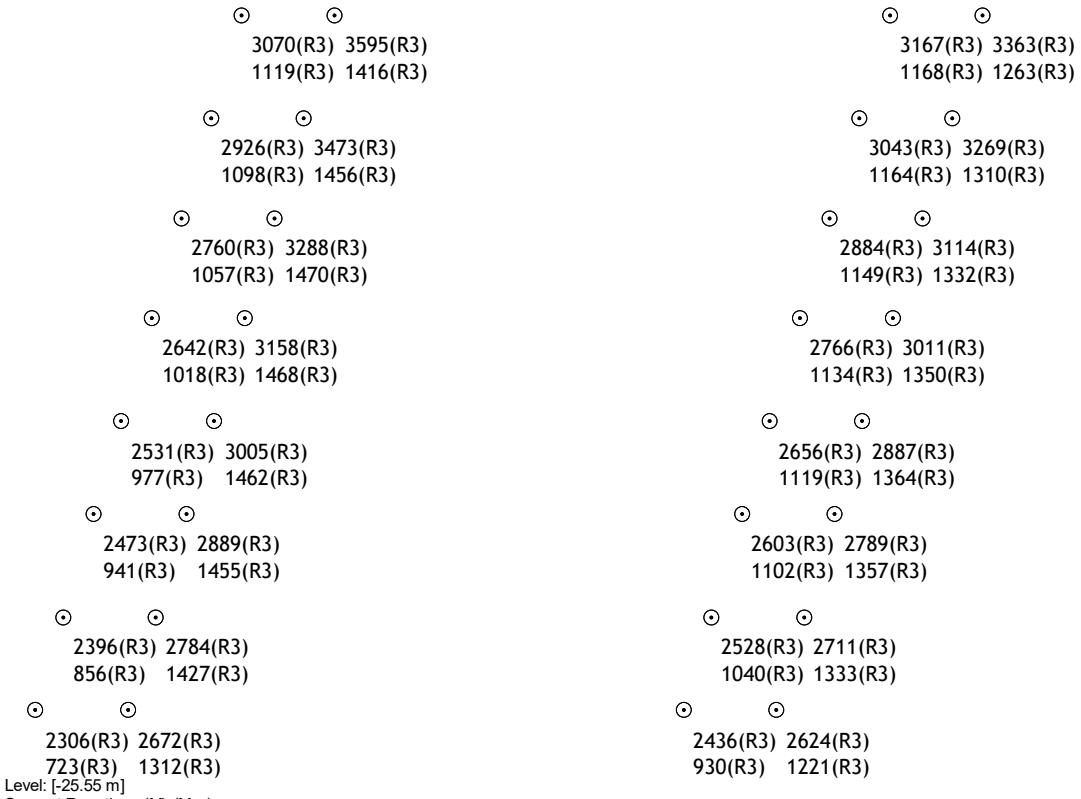
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Level: [-22.55 m]
Support Reactions (Min/Max)

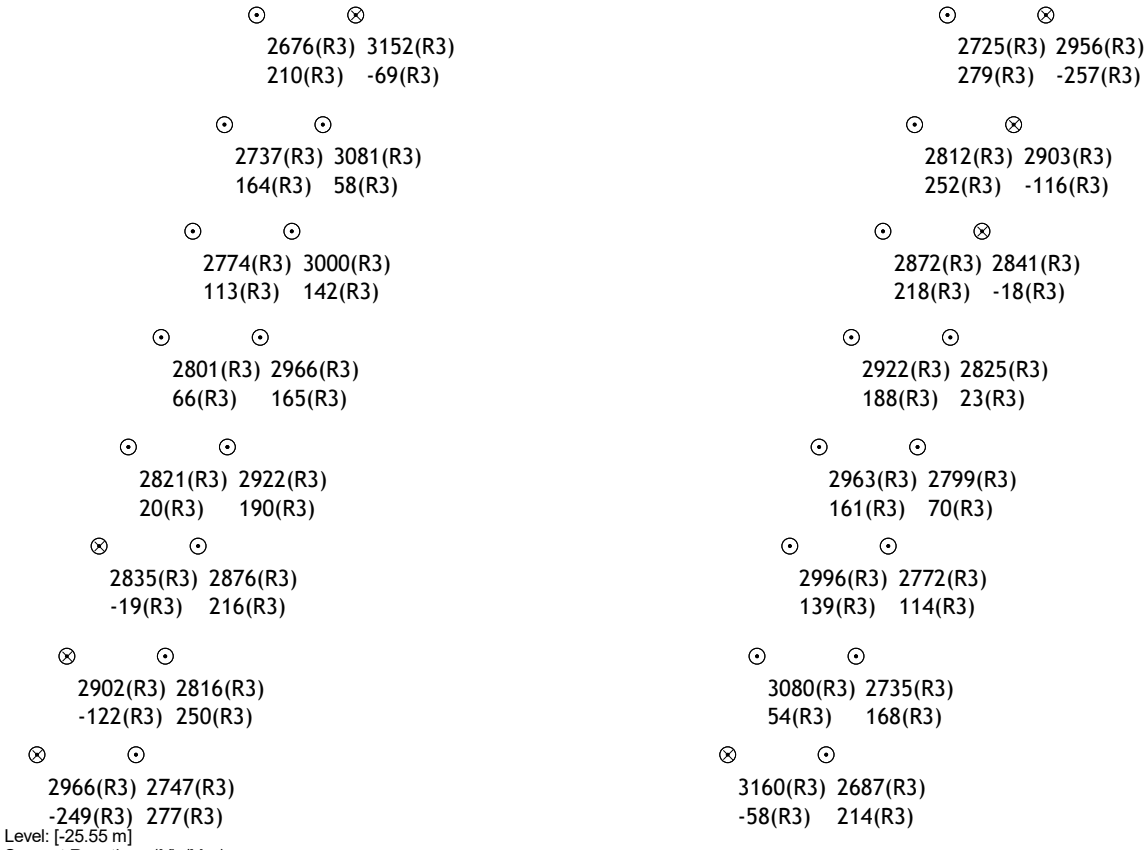
Стубови / Piers

Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

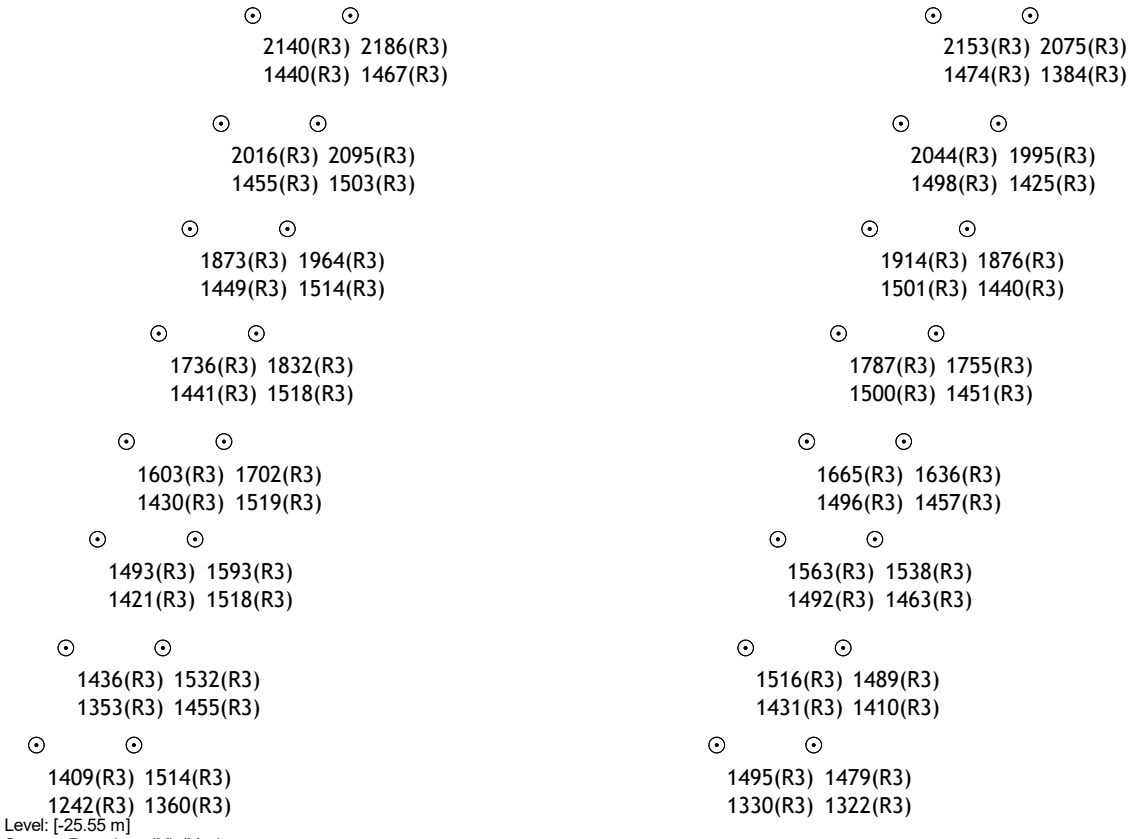


Level: [-25.55 m]
Support Reactions (Min/Max)

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Level: [-25.55 m]
Support Reactions (Min/Max)
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Level: [-25.55 m]
Support Reactions (Min/Max)

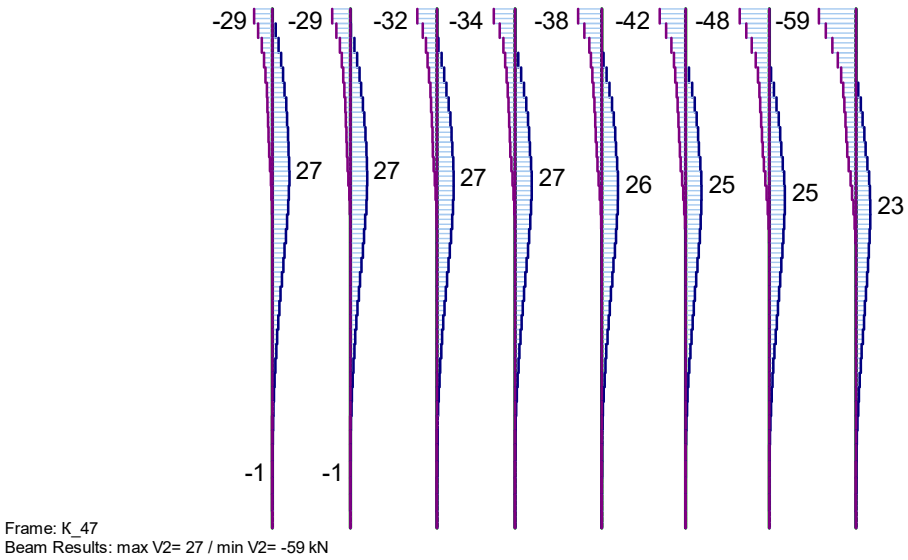
Максималне и минималне сила у шиповима

Стуб / Pier	Основне комб. Fundamental com.		Сеизмичке комб. Seismic com.		Инцидентне комб. Accidental com.		Гранична носивост шипа ø900 L=17m Bearing capacity pile ø900 L=17m
	maxR3 [kN]	minR3 [kN]	maxR3 [kN]	minR3 [kN]	maxR3 [kN]	minR3 [kN]	Rc [kN]
C1	**1758**	738	1736	179	1308	759	4402
C2	**3595**	723	3152	-257	2186	1242	4427
C3	**3595**	723	3152	-257	2186	1242	4246
C4	**1758**	738	1736	179	1308	759	3628

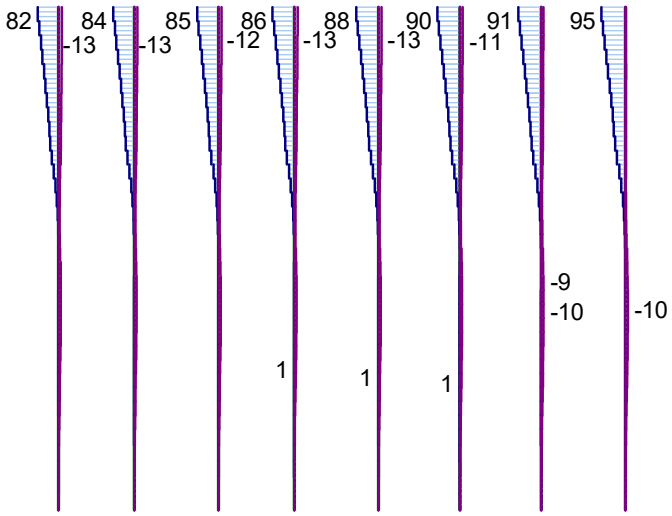
Граничне носивости шипова преузете су из Геотехничког елабората, Прилог 1.

The bearing capacity of piles are taken from the Geotechnical Study, Annex 1.

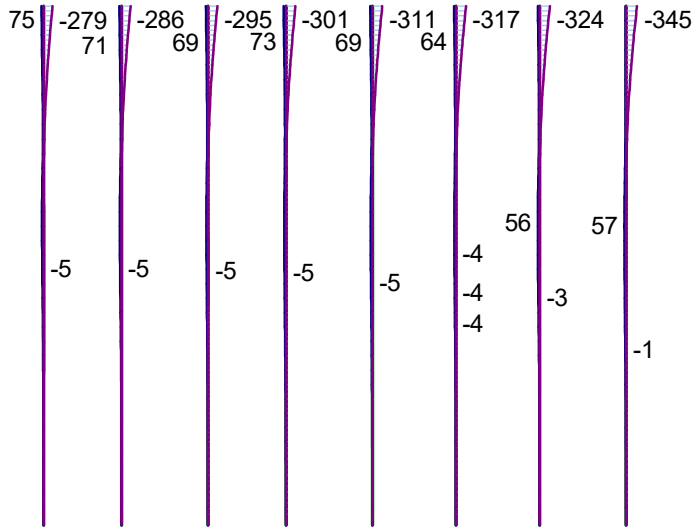
10.4.2 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења / Internal forces



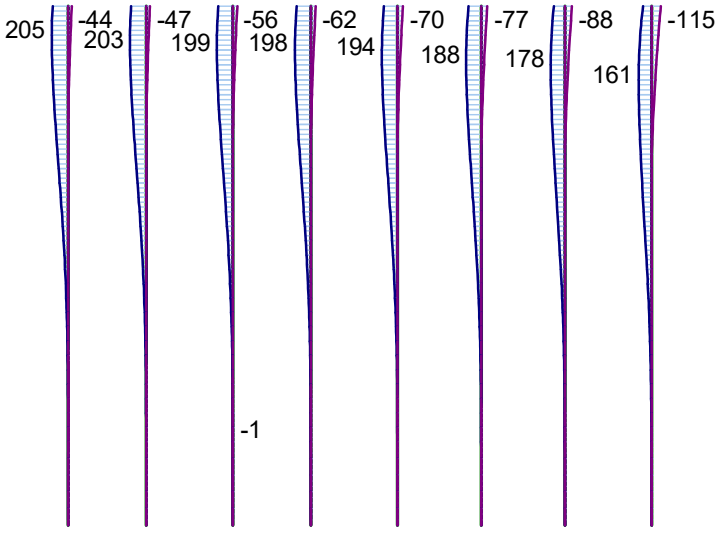
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_47
Beam Results: max V3= 95 / min V3= -13 kN
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

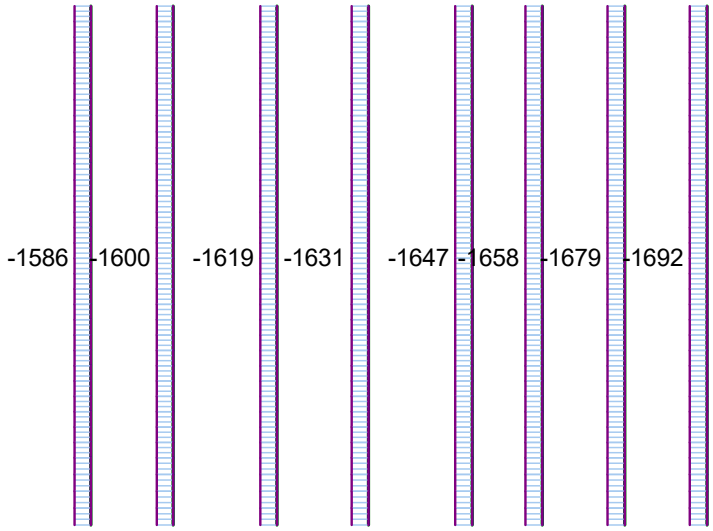


Frame: K_47
Beam Results: max M2= 75 / min M2= -345 kNm
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

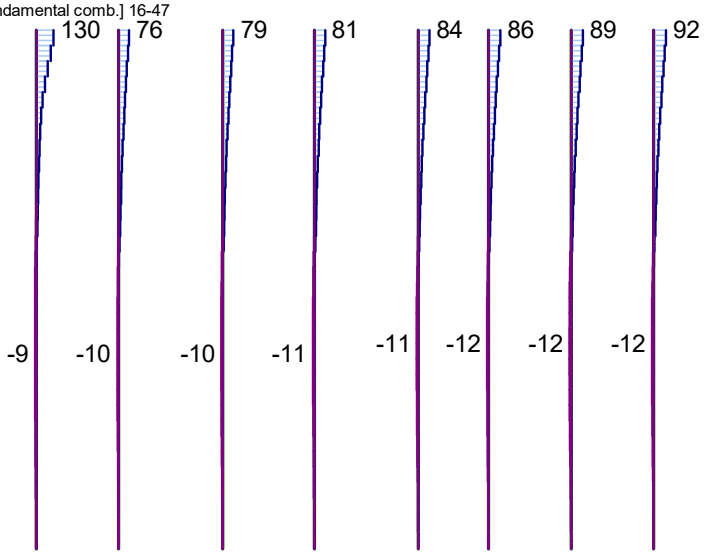


Frame: K_47
Beam Results: max M3= 205 / min M3= -115 kNm

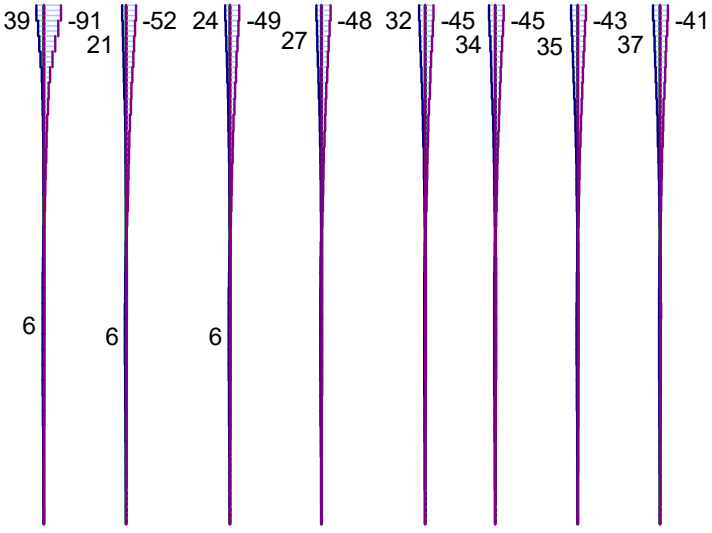
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_44
Beam Results: max N1= -823 / min N1= -1692 kN
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

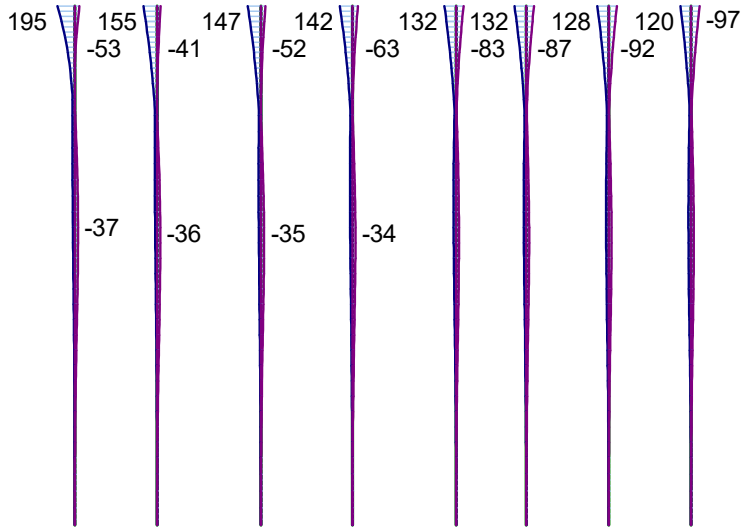


Frame: K_44
Beam Results: max V2= 130 / min V2= -13 kN
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

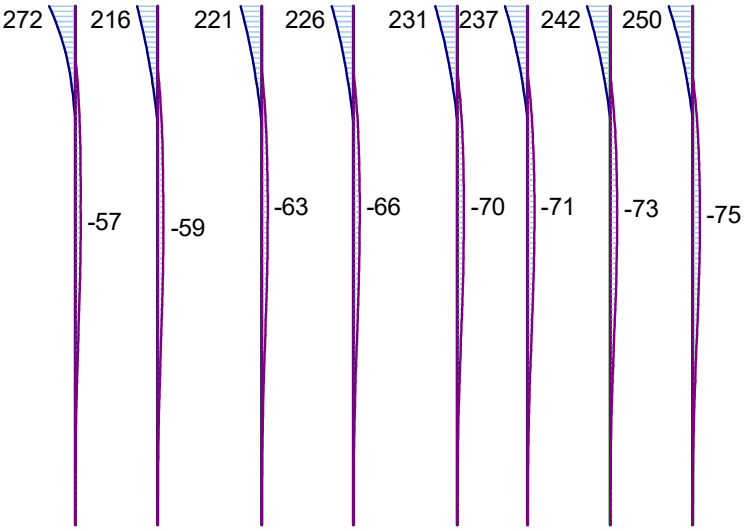


Frame: K_44
Beam Results: max V3= 39 / min V3= -91 kN

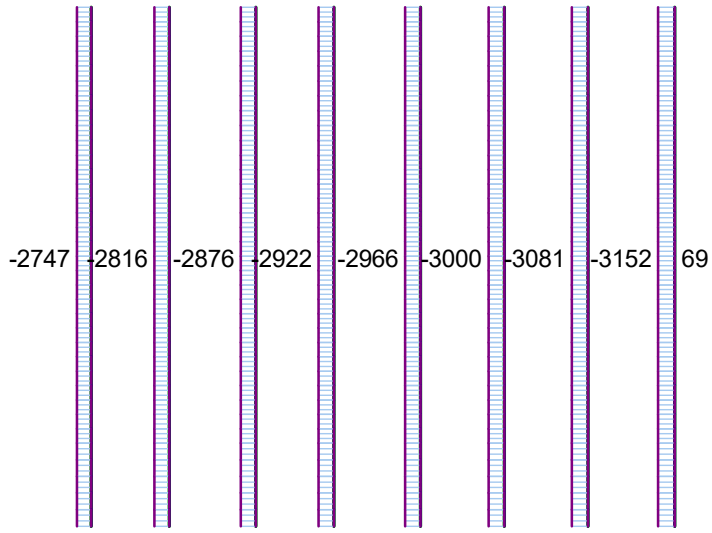
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47



Frame: K_44
Beam Results: max M2= 195 / min M2= -97 kNm
Load 86: [Osnovne kom. / Fundamental comb.] 16-47

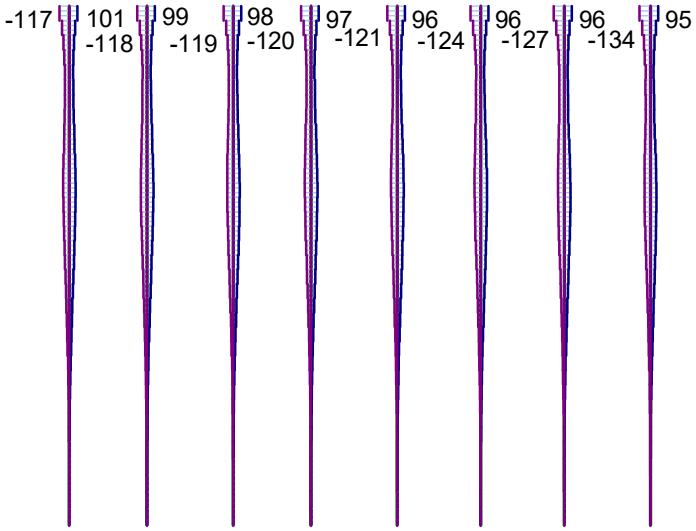


Frame: K_44
Beam Results: max M3= 272 / min M3= -76 kNm
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

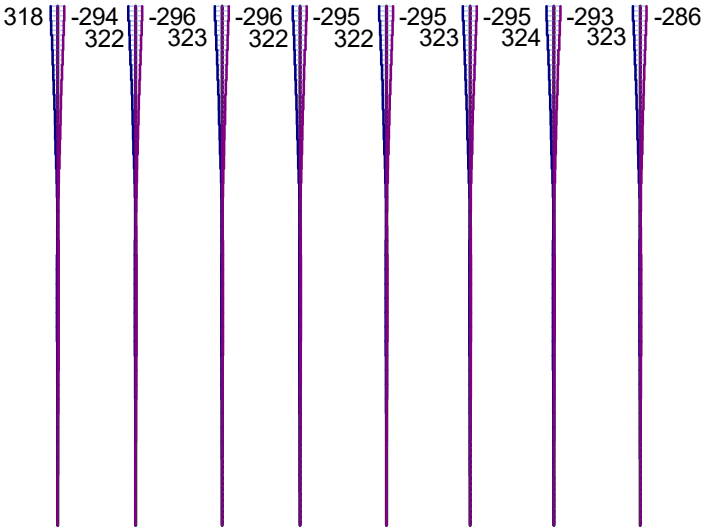


Frame: K_47
Beam Results: max N1= 69 / min N1= -3152 kN

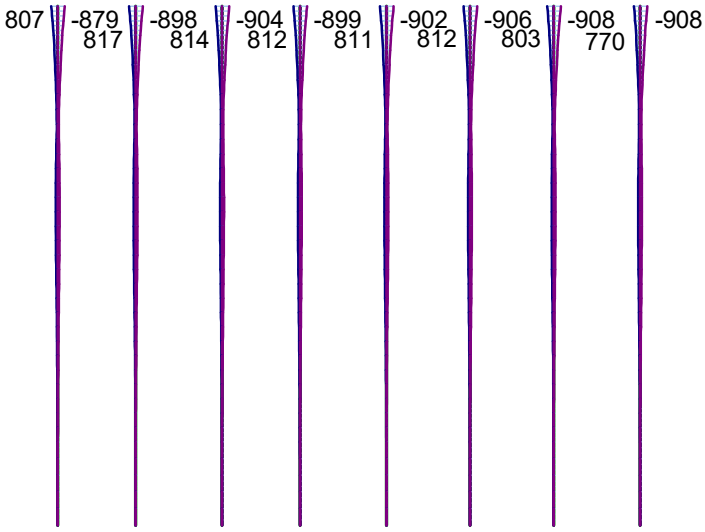
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Frame: K_47
Beam Results: max V2= 101 / min V2= -134 kN
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

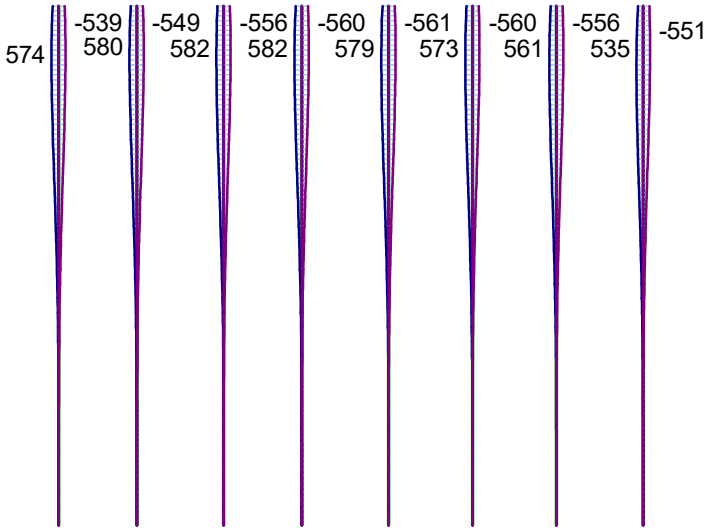


Frame: K_47
Beam Results: max V3= 324 / min V3= -296 kN
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



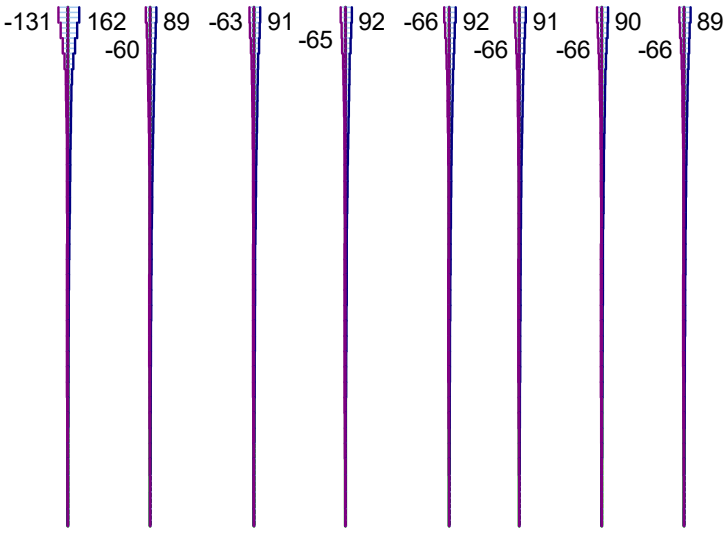
Frame: K_47
Beam Results: max M2= 817 / min M2= -908 kNm

Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



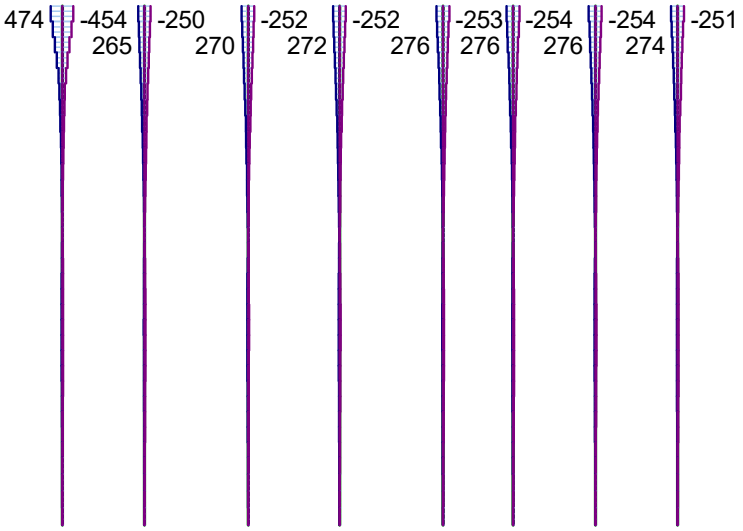
Frame: K_47
Beam Results: max M3= 582 / min M3= -561 kNm
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

Frame: K_44
Beam Results: max N1= -179 / min N1= -1411 kN
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

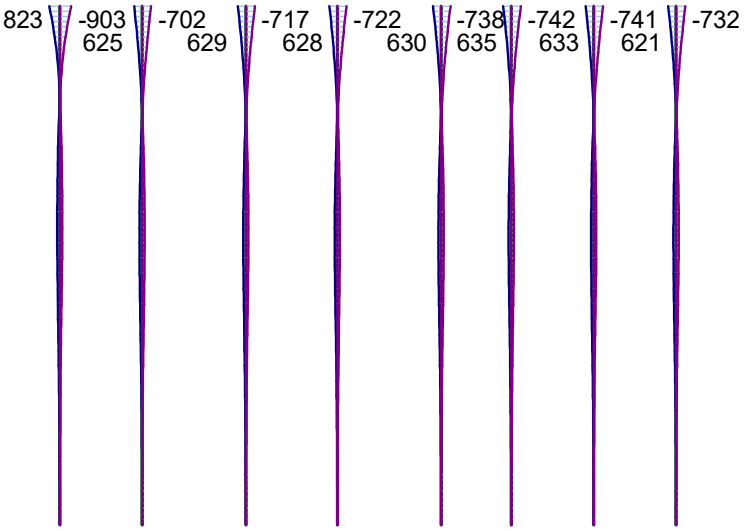


Frame: K_44
Beam Results: max V2= 162 / min V2= -131 kN

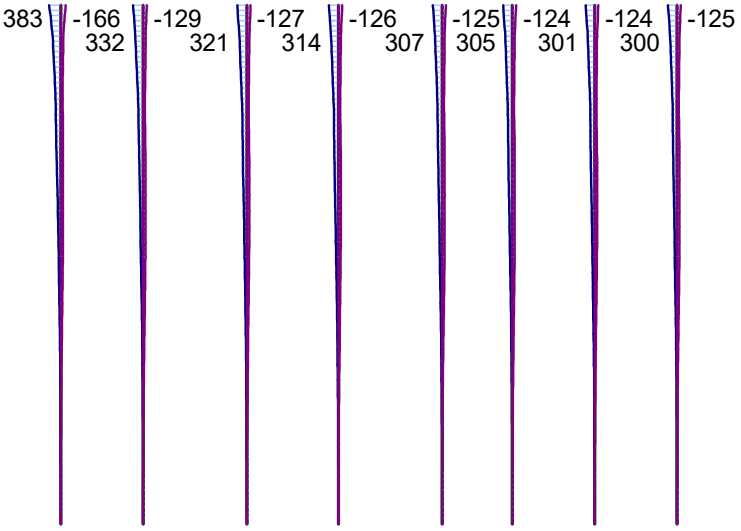
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72



Frame: K_44
Beam Results: max V3= 474 / min V3= -454 kN
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

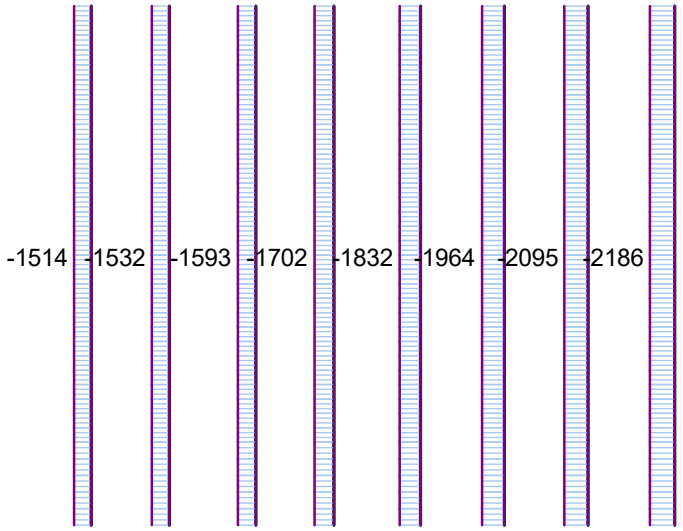


Frame: K_44
Beam Results: max M2= 823 / min M2= -903 kNm
Load 88: [Seiznicke kom. / Seismic com.] 65-72

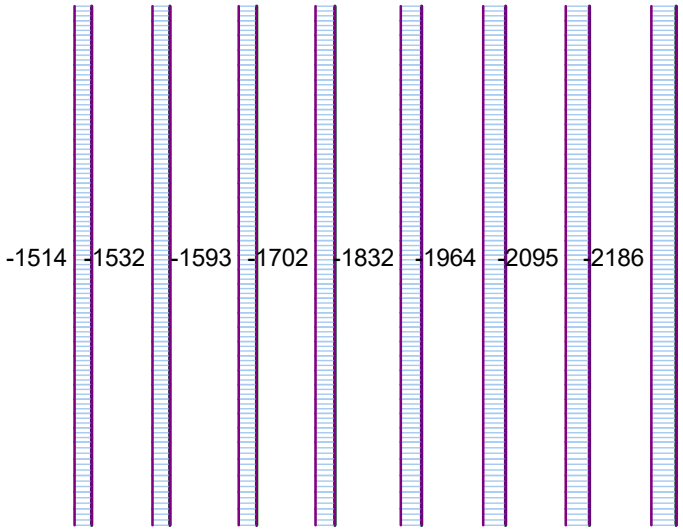


Frame: K_44
Beam Results: max M3= 383 / min M3= -166 kNm

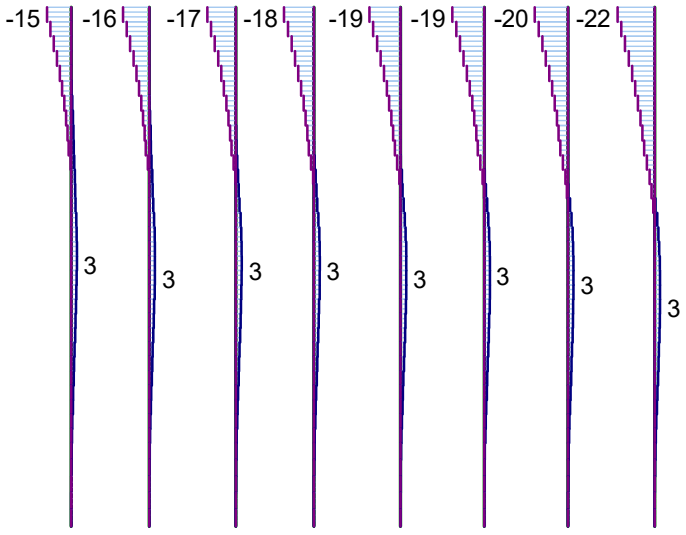
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_47
Beam Results: max N1= -1360 / min N1= -2186 kN
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

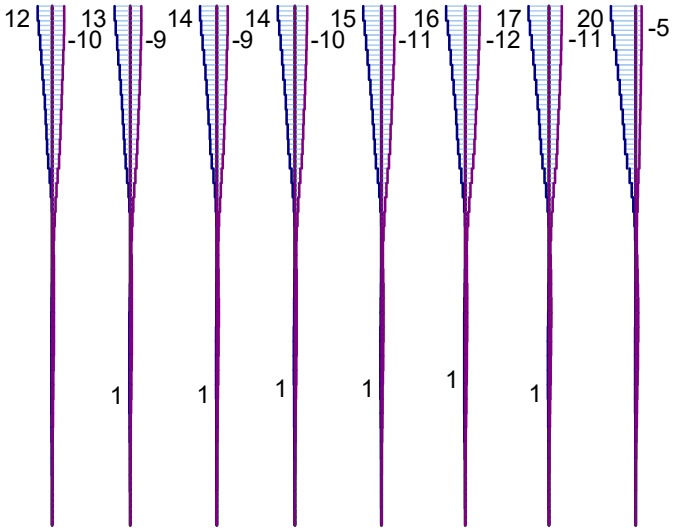


Frame: K_47
Beam Results: max N1= -1360 / min N1= -2186 kN
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

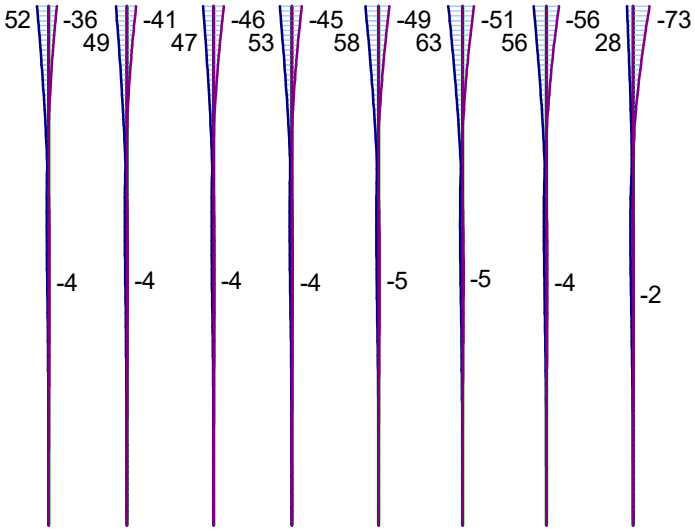


Frame: K_47
Beam Results: max V2= 4 / min V2= -22 kN

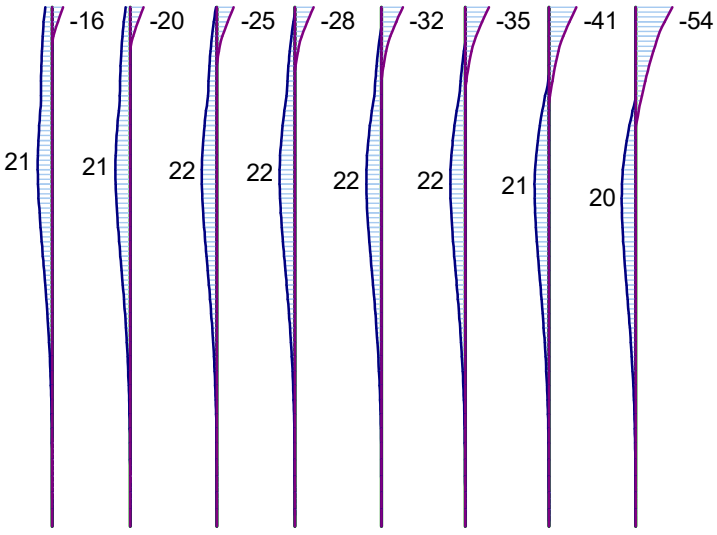
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_47
Beam Results: max V3= 20 / min V3= -12 kN
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

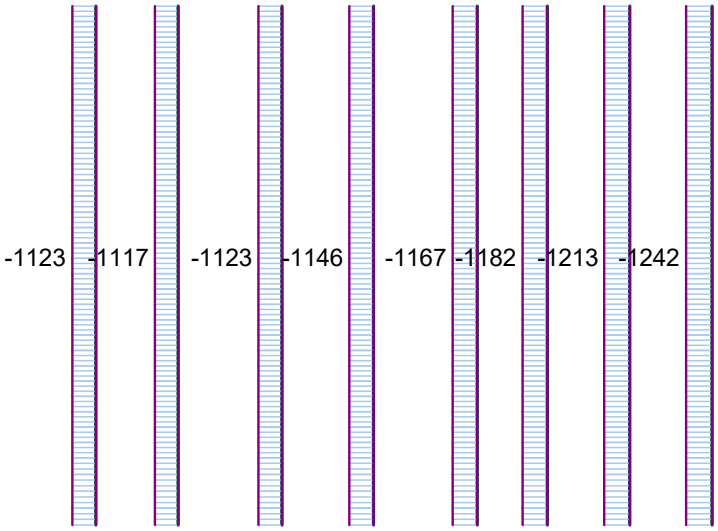


Frame: K_47
Beam Results: max M2= 63 / min M2= -73 kNm
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75

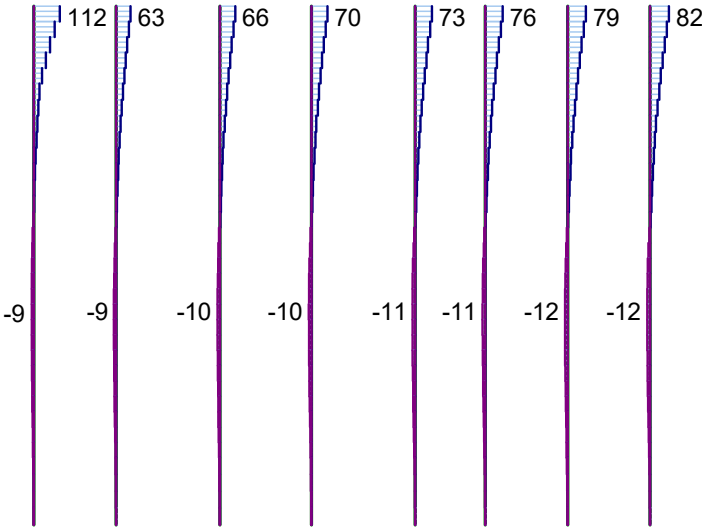


Frame: K_47
Beam Results: max M3= 22 / min M3= -54 kNm

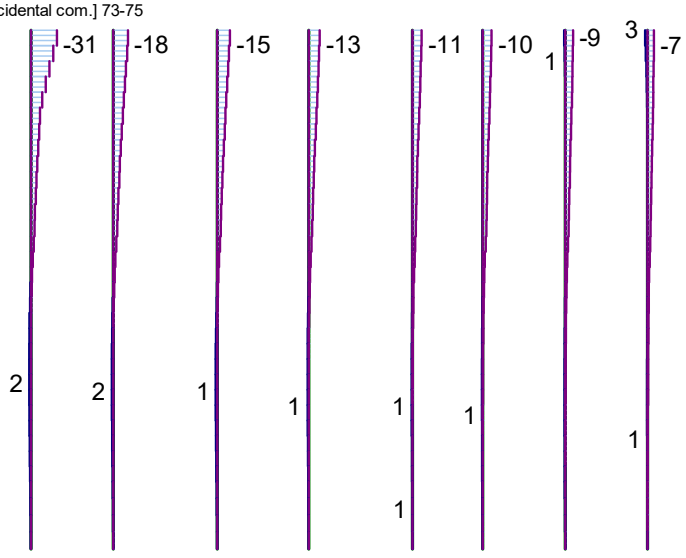
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



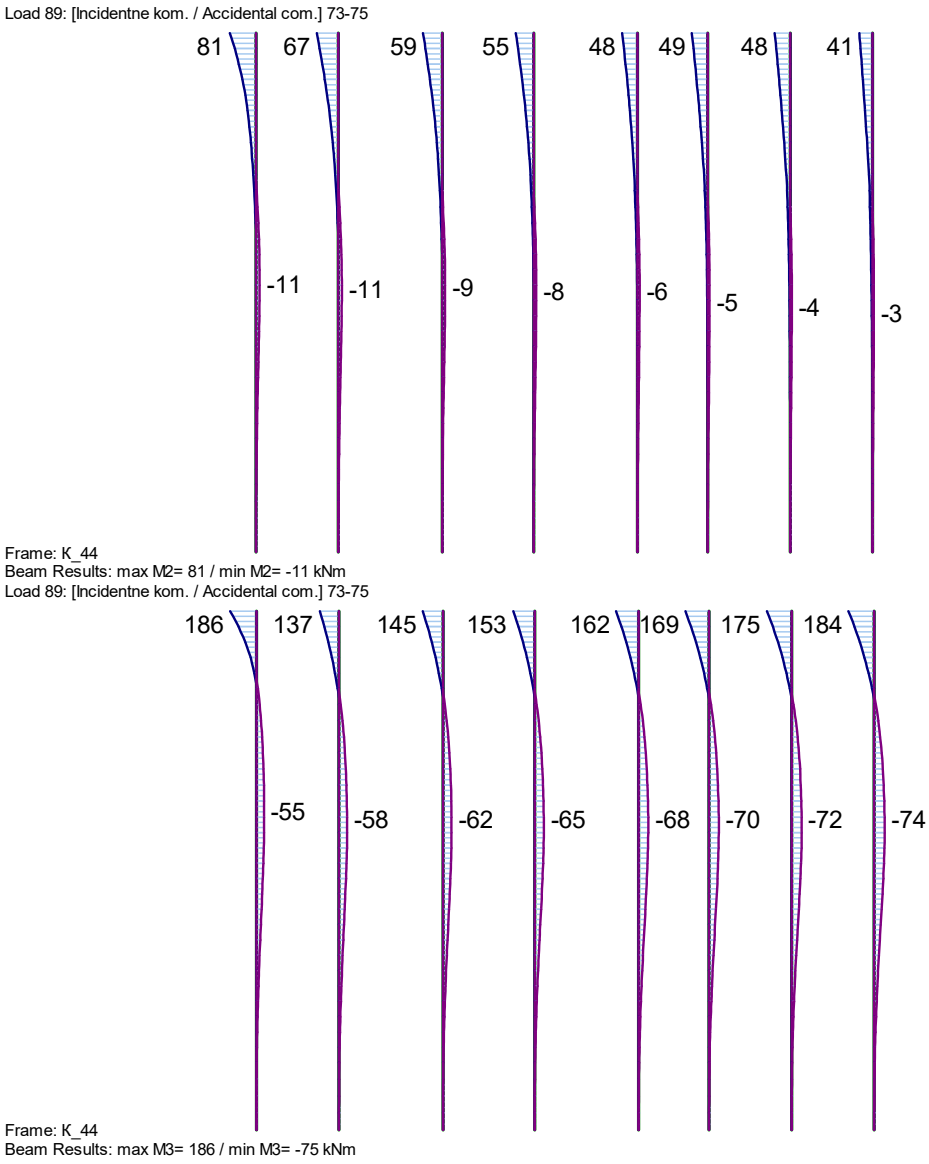
Frame: K_44
Beam Results: max N1= -946 / min N1= -1242 kN
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_44
Beam Results: max V2= 112 / min V2= -12 kN
Load 89: [Incidentne kom. / Accidental com.] 73-75



Frame: K_44
Beam Results: max V3= 3 / min V3= -31 kN



10.4.3 Димензионисање шипова / Design

Минимална и максимална површина арматуре у шиповима одређена је у складу са одредбом СРПС ЕН 1992-1-1 и ЕН 1536 Поглавље 7.6.3:

Шиповиі Ø900 L=18m

Подужна арматура:

Табела 9.6N – Препоручене минималне површине подужне арматуре у бушеним шиповима бетонираним на градилишту

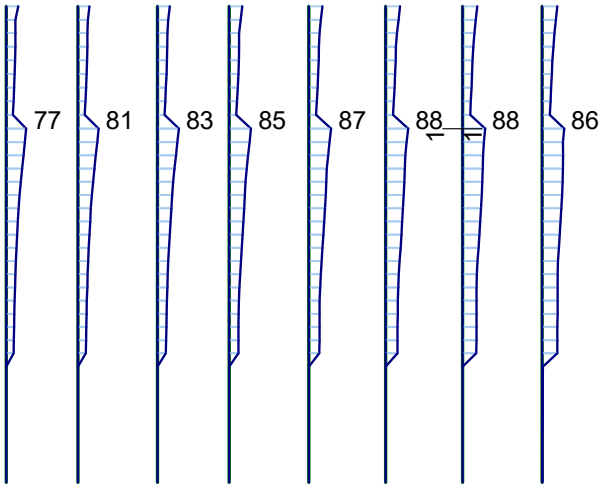
Попречни пресек шипа: A_c	Минимална површина подужне арматуре: $A_{s,bpmin}$
$A_c \leq 0{,}5\ m^2$	$A_s \geq 0{,}005 \cdot A_c$
$0{,}5\ m^2 < A_c \leq 1{,}0\ m^2$	$A_s \geq 25\ cm^2$
$A_c > 1{,}0\ m^2$	$A_s \geq 0{,}0025 \cdot A_c$

Table 4 — Recommended diameters of transverse reinforcement

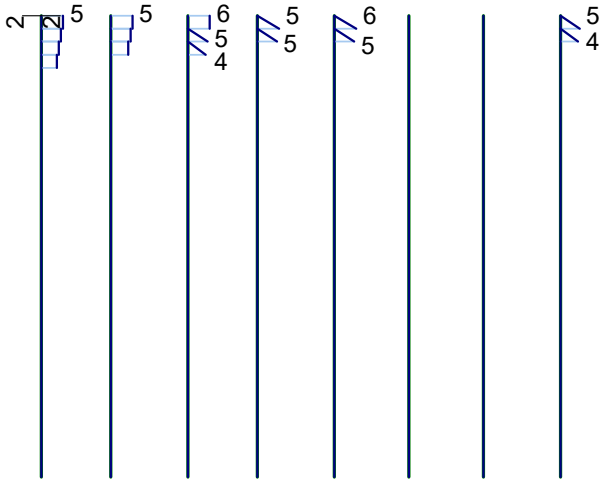
Transverse reinforcement	Diameters of transverse reinforcement
Links, hoops or helicoidal reinforcement	≥ 6 mm and ≥ one quarter of the maximum diameter of the longitudinal bars

$A_{s,min}=25cm^2$ $A_{s,max}=0.04\cdot A_c=254cm^2$

Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, S500H

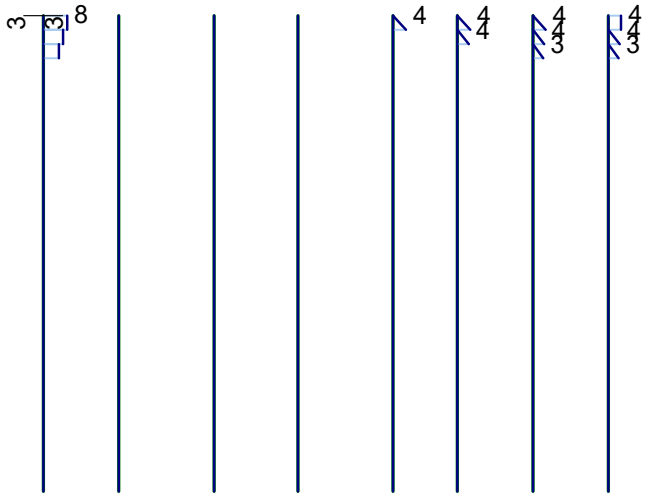


Frame: K_47
Beam reinforcement: max ΣAa= 88 cm2
Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, S500H



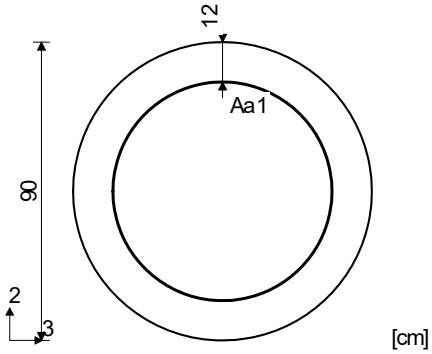
Frame: K_46
Beam reinforcement: max Aa,br= 6 cm2

Governing load: 16-47,65-75
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C 25, S500H



Frame: K_44
Beam reinforcement: max Aa,br= 8 cm2

Beam 649-48
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
S500H
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75



[cm]

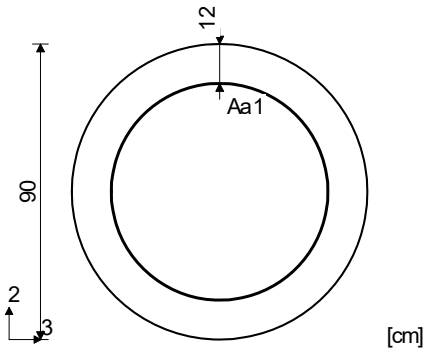
li,2 = 18.75 m (λ2 = 83.33)
li,3 = 18.75 m (λ3 = 83.33)
Immovable structure

Section 2-2 x = 0.00m
Critical load for bending: 1.00xI +1.00xII+1.00xIII+0.50xX+1.00xXI +0.30xXII
N1d = 248.64 kN
M2d = -811.01 kNm
M3d = 332.07 kNm

Critical load for shear: 1.00xI +1.00xII+1.00xIII+0.50xX+0.30xXI +1.00xXII
V2d = -86.32 kN
V3d = 317.05 kN
M1d = 0.00 kNm

εb/εa = -3.500/8.360 ‰
Aa1 = 71.91 cm2
Aa2 = 0.00 cm2
Aa3 = 0.00 cm2
Aa4 = 0.00 cm2
Aa,br = 5.38 cm2/m (m=2)

Beam 2760-1061
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
S500H
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75



[cm]

li,2 = 18.75 m (λ2 = 83.33)
li,3 = 18.75 m (λ3 = 83.33)
Immovable structure

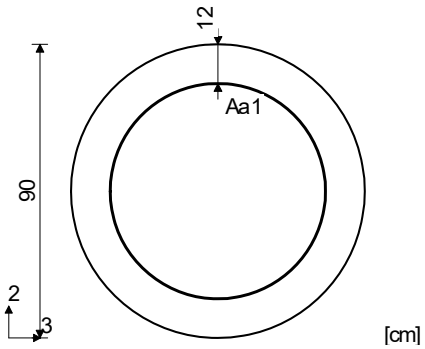
Section 1-1 x = 4.81m
Critical load for bending: 1.00xI +1.00xII+1.00xIII+0.50xX+1.00xXI -0.30xXII
N1d = -3020.57 kN
M2d = -103.46 kNm
M3d = 461.15 kNm

Critical load for shear: 1.00xI +1.00xII+1.00xIII+0.50xX+1.00xXI +0.30xXII
V2d = 41.37 kN
V3d = 98.28 kN
M1d = 0.00 kNm

Δe2 = 4.7<e0> + 20.0<eII>
Δe2 =24.7 cm
|ΔM2| = 746.67 kNm
Δe3 = 4.7<e0> + 20.0<eII>
Δe3 = 24.7 cm
|ΔM3| = 746.67 kNm

εb/εa = -3.500/2.879 ‰
Aa1 = 88.03 cm2
Aa2 = 0.00 cm2
Aa3 = 0.00 cm2
Aa4 = 0.00 cm2
Aa,br = 0.00 cm2/m (m=

Beam 3495-1752
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
C 25 (γC = 1.50, γS = 1.15)
S500H
Design performed for selected group of load cases: 16-47,65-75



li,2 = 17.75 m (λ2 = 78.89)
li,3 = 17.75 m (λ3 = 78.89)
Immovable structure

Section 3-3 x = 0.00m
Critical load for bending: 1.00xI +1.00xII+1.00xIII+0.50xX-0.30xXI +1.00xXII

N1d =	-740.12	kN
M2d =	-903.27	kNm
M3d =	-99.80	kNm

Critical load for shear: 1.00xI +1.00xII+1.00xIII+0.50xX-0.30xXI +1.00xXII

V2d =	-11.36	kN
V3d =	473.82	kN
M1d =	0.00	kNm

εb/εa = -3.500/6.581 ‰

Aa1 =	54.70	cm2
Aa2 =	0.00	cm2
Aa3 =	0.00	cm2
Aa4 =	0.00	cm2
Aa,br =	7.76	cm2/m (m=2

Шипови опораца
Усвојено: 10ø28 (A_a=61.6 cm^2)
Спирална арматура ø10 t=10mm (A_a=7.85cm^2/m)

Шипови средњих стубова
Усвојено: 16ø28 (A_a=98.62 cm^2) на првих 12m
Усвојено: 10ø28 (A_a=61.6 cm^2) на преосталих 8m
Спирална арматура ø10 t=10mm (A_a=7.85cm^2/m)

10.4.4 Контрола напона у шиповима / Stress control

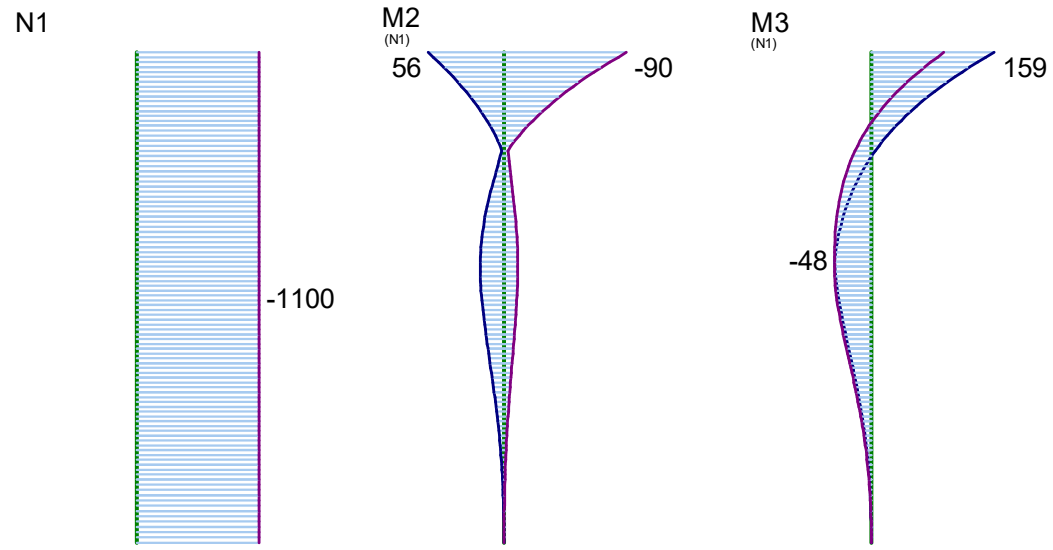
Контрола напона у шиповима извршена је за карактеристичну комбинацију оптерећења и то за комбинације утицаја:

minN odgM

maxN odgM

maxM odgN

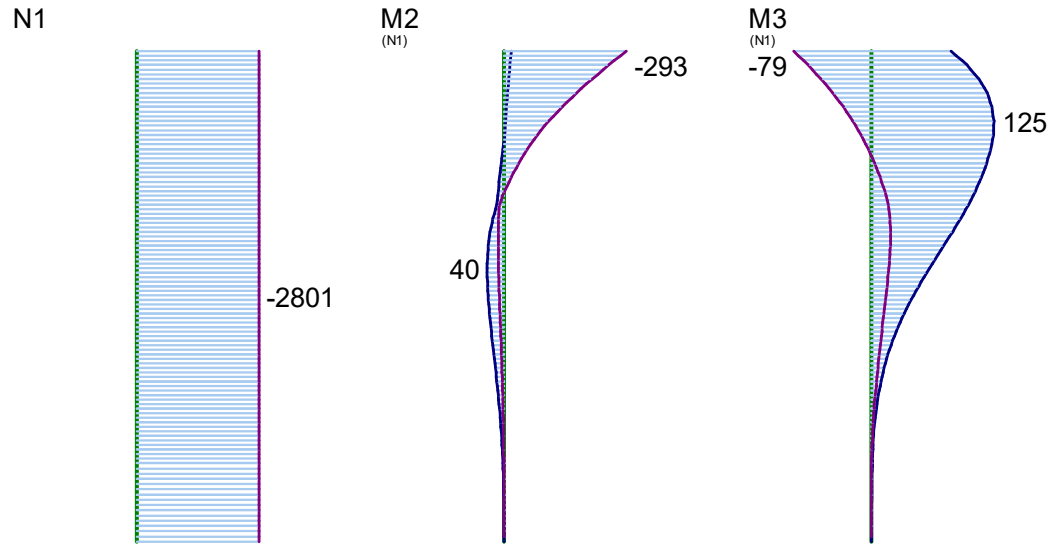
Load 87: [Карakт. ком. / Char. com.] 48-64



Beam Results: (4527-5323)
N1 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm]

minN=1100kN odgM=$(90^2+159^2)^{0.5}$=183kNm

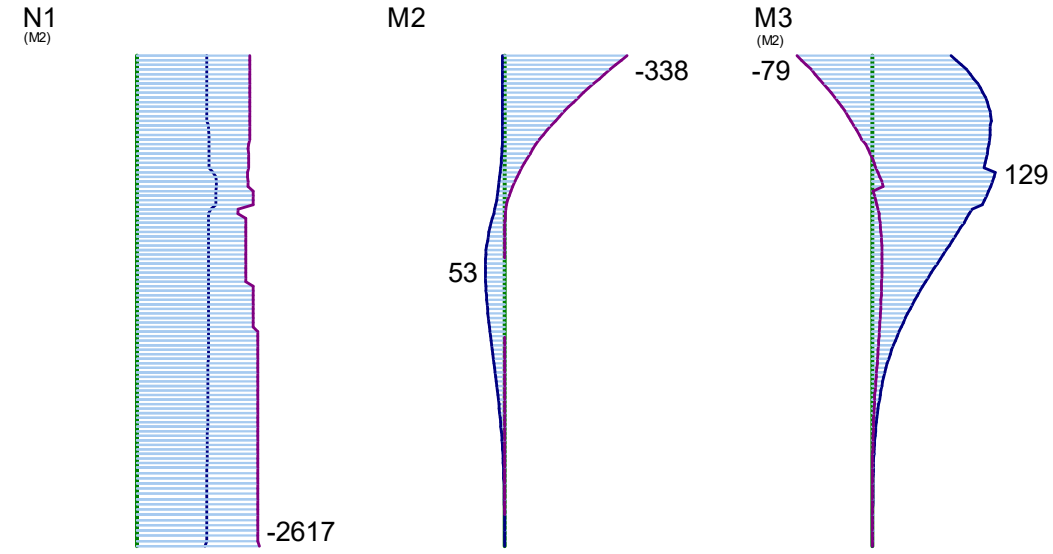
Load 87: [Карakт. ком. / Char. com.] 48-64



Beam Results: (1363-3151)
N1 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm]

maxN=2801kN odgM=$(293^2+79^2)^{0.5}$=303kNm

Load 87: [Карakт. ком. / Char. com.] 48-64



Beam Results: (1363-3151)
N1 [kN], M2 [kNm], M3 [kNm]

odgN=2411kN maxM=$(338^2+79^2)^{0.5}$=347kNm

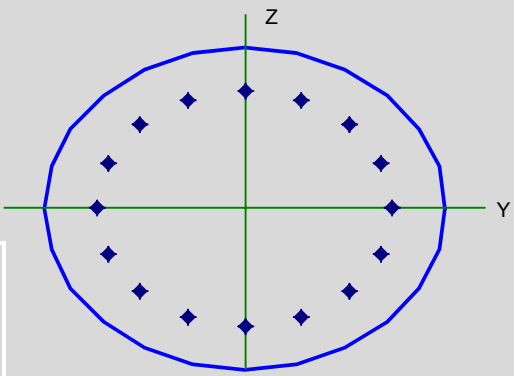
Materials:

f_{ck} =	25	MPa	E_{cm} =	31,5	GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200	GPa
γ_c =	1,5				
γ_s =	1,15				
a_{CC} =	0,85				

Section Properties:

Diameter = 900 mm

Concrete section			Transformed section		
A_C =	636173	mm²	A_T =	688942,4	mm²
I_C =	3,2E+10	mm⁴	I_T =	3,51E+10	mm⁴
Y_{bC} =	450	mm	Y_{bT} =	450	mm



Reinforcing bars:

Bar Diameter = 28 mm
No.bars = 16 (< 300)
Σ(As) = 9856 mm²
ΣAs/Ac = 0,01549
Concrete cover = 96 mm
Spiral/Stirrup dia. = 10 mm

Reinforcing Bar No.	Area A_s mm²	Coordinates, mm Y (from ctr.)	Z (from bot.)
1	616	330,00	450,00
2	616	304,88	576,29
3	616	233,35	683,35
4	616	126,29	754,88
5	616	0,00	780,00
6	616	-126,29	754,88
7	616	-233,35	683,35
8	616	-304,88	576,29
9	616	-330,00	450,00
10	616	-304,88	323,71
11	616	-233,35	216,65
12	616	-126,29	145,12
13	616	0,00	120,00
14	616	126,29	145,12
15	616	233,35	216,65
16	616	304,88	323,71

SLS Loads					
	P =	1100	kN	(+ for compression)	
	M =	183	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	25	MPa		Solved
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} = 31476 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}= 19.06	

Results of SLS analysis		
Neutral axis from compression edge, x =	447.2	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	6.92	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	34.7	MPa
at y_{st} =	565	mm
Number of bars in tension =	5	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	525.9	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0007	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1.5E-06	mm^{-1}

SLS Loads					
	P =	2801	kN	(+ for compression)	
	M =	303	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	25	MPa		Solved
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} = 31476 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}= 19.06	

Results of SLS analysis		
Neutral axis from compression edge, x =	551.5	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	13.31	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	6.2	MPa
at y_{st} =	565	mm
Number of bars in tension =	1	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	565.0	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0013	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	2.3E-06	mm^{-1}

SLS Loads					
	P =	2411	kN	(+ for compression)	
	M =	347	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	25	MPa		Solved
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} = 31476 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}= 19.06	

Results of SLS analysis		
Neutral axis from compression edge, x =	479.2	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	13.69	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	46.7	MPa
at y_{st} =	565	mm
Number of bars in tension =	5	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	525.9	mm
Concrete strain $\varepsilon_c = - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0013	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	2.7E-06	mm^{-1}

Услови у погледу ограничења напона су задовољени

The stress limitation are met.

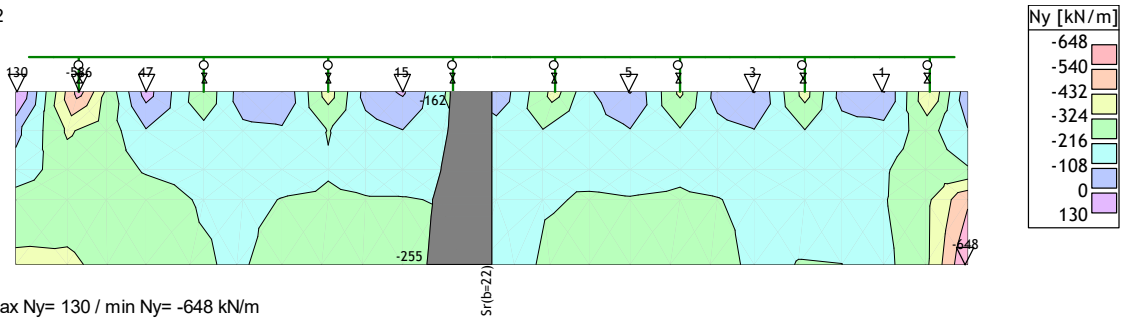
10.5ДОПУНСКА АНАЛИЗА ЗА ДЕВИЈАЦИЈУ G_{K2} / ADDITIONAL ANALYSIS FOR DEVIATION OF G_{K2}

У првобитном прорачуну елемената доњег стоја нису разматране више и ниже вредности коловозног застора дефинисане таком 5.2.3 стандарда СРПС ЕН 1991-1-1. За разлику од конструкције горњег стоја, код елемената доњег строја ова варијација, разматрано у односу на укупно стално оптерећење, даје занемарљиву разлику у утицајима.

In the initial calculation of the substructure, the upper and lower characteristic values of the depth of ballast according to SRPS EN 1991-1-1, 5.2.3 were not considered. This variation gives a negligible difference in the values of the section forces, therefore calculation of the substructure was not be changed.

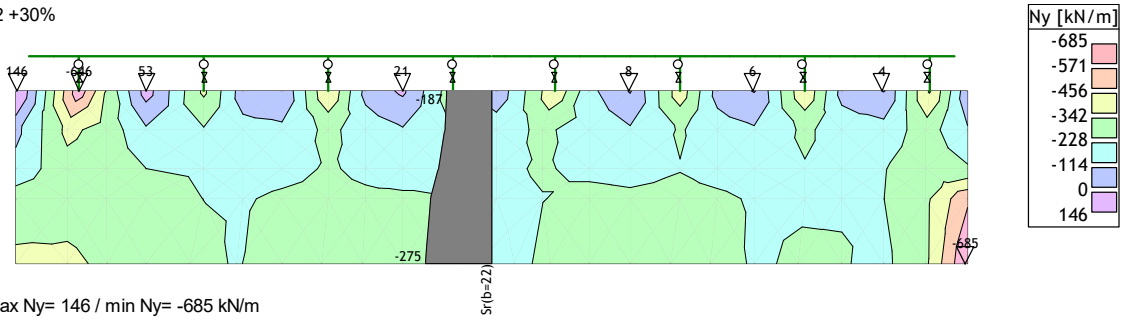
Опорци / Abutments

Opt. 5: Gk1+Gk2



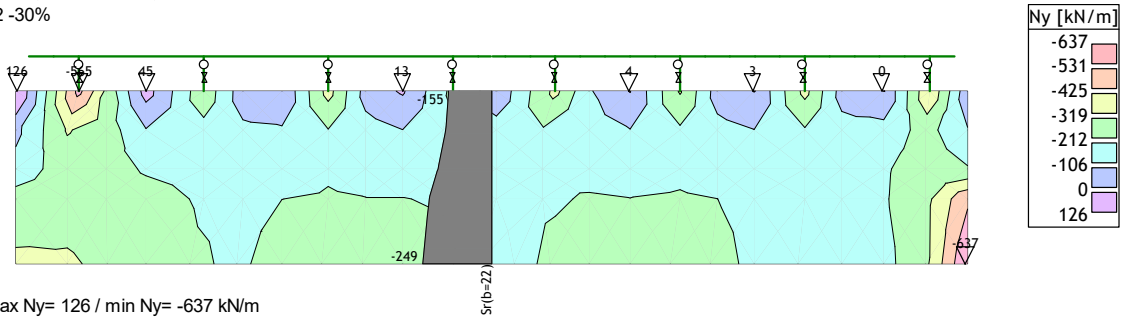
Ram: K_1
Uticaji u ploči: max Ny= 130 / min Ny= -648 kN/m

Opt. 6: Gk1+Gk2 +30%



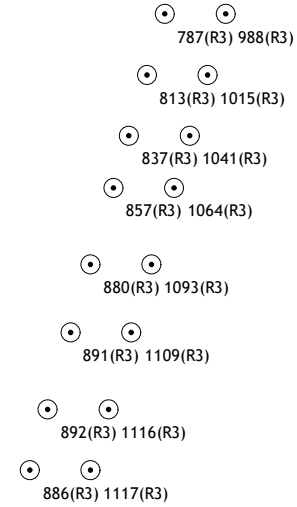
Ram: K_1
Uticaji u ploči: max Ny= 146 / min Ny= -685 kN/m

Opt. 7: Gk1+Gk2 -30%



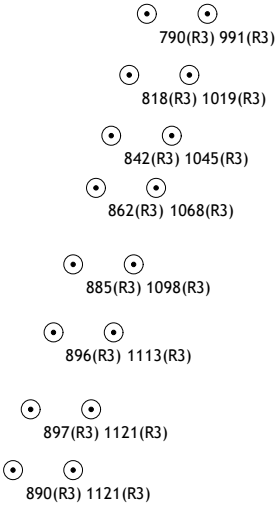
Ram: K_1
Uticaji u ploči: max Ny= 126 / min Ny= -637 kN/m

Opt. 5: Gk1+Gk2



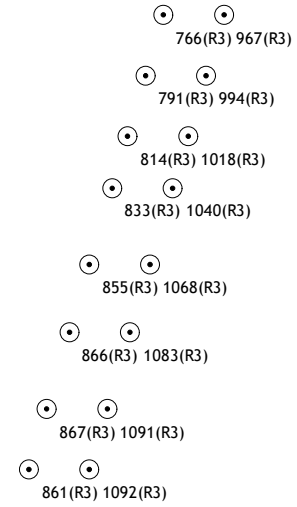
N ivo: [-22.55 m]
Reakcije oslonaca

Opt. 6: Gk1+Gk2 +30%



N ivo: [-22.55 m]
Reakcije oslonaca

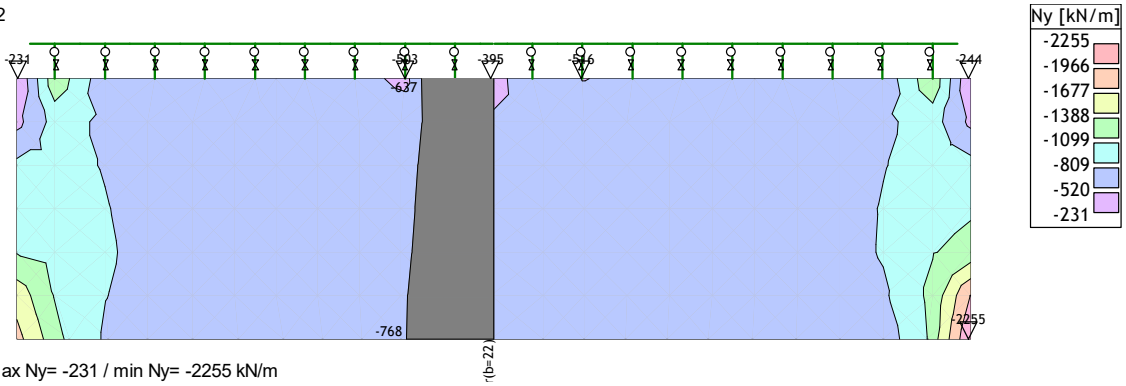
Opt. 7: Gk1+Gk2 -30%



N ivo: [-22.55 m]
Reakcije oslonaca

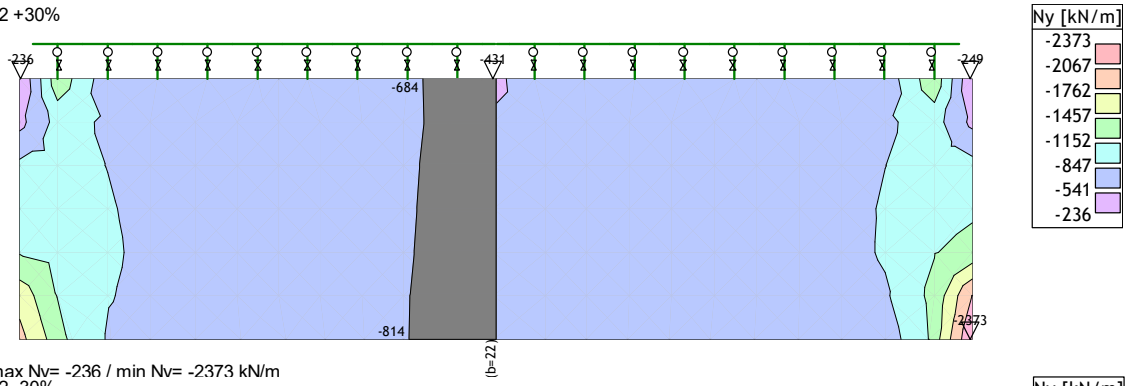
Средњи стубови / Piers

Opt. 5: Gk1+Gk2

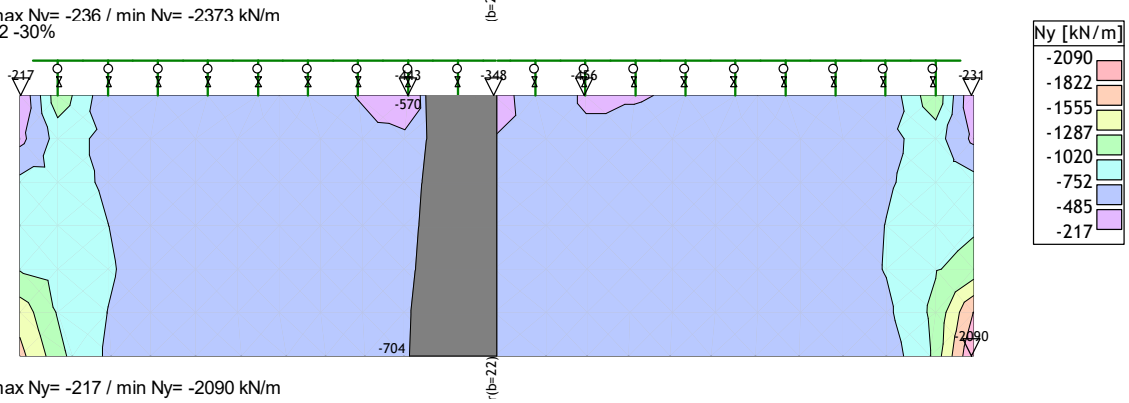


Ram: K_2
Uticaji u ploči: max Ny= -231 / min Ny= -2255 kN/m

Opt. 6: Gk1+Gk2 +30%

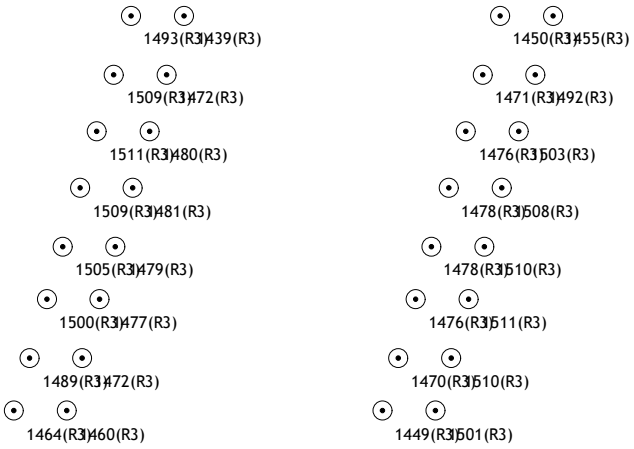


Ram: K_2
Uticaji u ploči: max Ny= -236 / min Ny= -2373 kN/m
Opt. 7: Gk1+Gk2 -30%



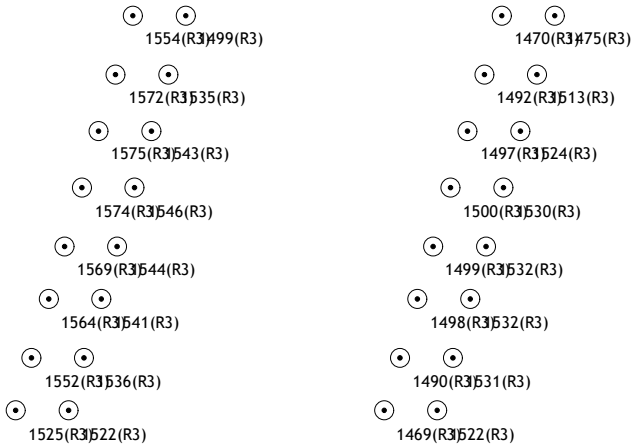
Ram: K_2
Uticaji u ploči: max Ny= -217 / min Ny= -2090 kN/m

Opt. 5: Gk1+Gk2



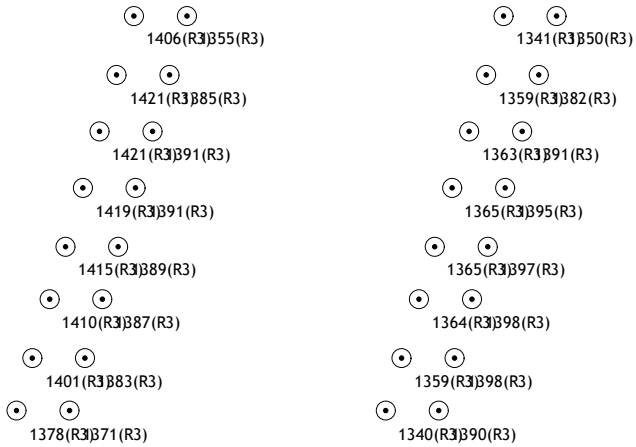
Nivo: [-27.55 m]
Reakcije oslonaca

Opt. 6: Gk1+Gk2 +30%



Nivo: [-27.55 m]
Reakcije oslonaca

Opt. 7: Gk1+Gk2 -30%



Nivo: [-27.55 m]
Reakcije oslonaca

Оптерећење	Опорци C1/C4	Стуб C2/C3	Шипови C1/C4		Шипови C2/C3	
	Ny [kN/m]	Ny [kN/m]	R_{max} [kN]	R_{min} [kN]	R_{max} [kN]	R_{min} [kN]
$G_{k1}+G_{k2}$	255	768	1117	787	1509	1439
$G_{k1}+G_{k2}$(+30%)	275	814	1121	790	1574	1499
$G_{k1}+G_{k2}$(-30%)	249	704	1092	766	1421	1355

Процентуалне разлике у односу на $G_{k1}+G_{k2}$ са повећањем односно смањењем коловозног застора за 30%

Δ (G_{k2} +30%)	7.8	6.0	0.4	0.4	4.3	4.2
Δ (G_{k2} -30%)	2.4	8.3	2.2	2.7	5.8	5.8

На основу спроведене анализе као и чињенице у елементима доњег строја постоји резерва носивости, као и да су разлике у утицајима услед укупних оптерећења још ниже, прорачун елемента доњег строја неће бити поновљен.

ПРИЛОГ 1 / ANNEX 1

Извод из Геотехничког елабората / Excerpt from the Geotechnical Study

4.7 Меродавни параметри слојева за геостатичке прорачуне

Описи својстава слојева, њихове карактеристике од значаја за процену геотехничких услова изградње и фундирања објекта, дати су у претходном поглављу.

Меродавни параметри тла за геостатичке прорачуне у зонама у којима ће бити вршено темељење на шиповима, усвојени су на основу лабораторијских и теренских опита и приказани су у Табелама 19-22. Усвојена су четири прорачунска модела терена за свако стубно место.

Вредностии хоризонталног модула реакције тла (k_h) по методи Весића из 1961. године одређене су на основу модула еластичности (E_s), момента инерције (I_p) и модула еластичности шипа (E_p), пречника шипа (d) као и Поасоновог коефицијента (ν) ,користећи следеће формуле:

$$k_h = \frac{0.65}{d} \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot d^4}{E_p \cdot I_p}} \cdot \frac{E_s}{1-\nu^2}$$ Весић, 1961.

$$M_v = E_s \cdot \frac{1-\nu}{(1-2\nu)\cdot(1+\nu)}$$ Теорија еластичности

$$I_p = \frac{r^4 \pi}{4}$$ Момент инерције кружног шипа

Вредности хоризонталног модула реакције тла (k_h) по методи Mayerhof-a и Baike-a из 1963. године, одређене су на основу модула еластичности (E_s), пречника шипа (d) као и Поасоновог коефицијента (ν), користећи следећу формулу:

$$k_h = \frac{E_s}{d\cdot(1-\nu^2)}$$ Mayerhof & Baike, 1963.

Табела 19. Преглед усвојених параметара за стубно место 1 (C1)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m²)	ν	E_s (MN/m²)	E_p (MN/m²)	k_h Весић (MN/m²)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m²)
saSi	0.5	0.5	21.1	24	21	7.50	0.3	5.57		2.78	6.80
	4.9	4.4									
siSaP$_1$	9.3	4.4	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26
SaP	20.4	11.1	18.7	32	13	18.00	0.2	16.20	30000	8.37	18.75
clSa	21.2	0.8	22.2	28	10	18.00	0.3	13.37		7.17	16.33
Cll	24.3	3.1	20.5	17	31	8.00	0.4	3.73		1.95	4.94
siSaP$_2$	25.3	1.0	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26

Табела 20. Преглед усвојених параметара за стубно место 2 (C2)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m²)	ν	E_s (MN/m²)	E_p (MN/m²)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
saSi	3.8	3.8	21.1	24	21	7.50	0.3	5.57	30000	2.78	6.80
$siSaP_1$	8.2	4.4	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26
SaP	18.6	10.4	18.7	32	13	18.00	0.2	16.20		8.37	18.75
clSa	19.7	1.1	22.2	28	10	18.00	0.3	13.37		7.17	16.33
Cll	23.0	3.3	20.5	17	31	8.00	0.4	3.73		1.95	4.94
$siSaP_2$	24.4	1.4	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26

Табела 21. Преглед усвојених параметара за стубно место 3 (C3)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m²)	ν	E_s (MN/m²)	E_p (MN/m²)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
saSi	3.5	3.5	21.1	24	21	7.50	0.3	5.57	30000	2.78	6.80
$siSaP_1$	7.7	4.2	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26
SaP	17.1	9.4	18.7	32	13	18.00	0.2	16.20		8.37	18.75
clSa	19.1	2.0	22.2	28	10	18.00	0.3	13.37		7.17	16.33
Cll	22.4	3.3	20.5	17	31	8.00	0.4	3.73		1.95	4.94
$siSaP_2$	23.8	1.4	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26

Табела 22. Преглед усвојених параметара за стубно место 4 (C4)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m²)	ν	E_s (MN/m²)	E_p (MN/m²)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
saSi	0.5	0.5	21.1	24	21	7.50	0.3	5.57	30000	2.78	6.80
	4.1	3.6									
$siSaP_1$	8.3	4.2	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26
SaP	17.1	8.8	18.7	32	13	18.00	0.2	16.20		8.37	18.75
clSa	19.6	2.5	22.2	28	10	18.00	0.3	13.37		7.17	16.33
Cll	22.8	3.2	20.5	17	31	8.00	0.4	3.73		1.95	4.94
$siSaP_2$	24.2	1.4	19.8	30	9	8.00	0.3	5.94		2.98	7.26

Важно је напоменути да су у оквиру табела меродавних параметара тла приказане вредности угла унутрашњег трења, кохезије и модула стишљивости тла које су препоручене усвојене вредности и као такве фигурирају у прорачуну. Такође, вредности дубина нивоа подземне воде испод стубних места узете су за најнеповољнији случај, тј. случај максималног нивоа подземне воде.

Са друге стране, вредности модула еластичности и коефицијента хоризонталне крутости тла приказане су са променом (порастом) дубине. Оваквим начином приказа пројектанту конструкције објекта омогућен је прецизнији одабир коефицијента крутости тла.

Вредности модула стишљивости, модула еластичности и коефицијента крутости тла срачунате су на основу резултата опита статичке пенетрације (Поглавље 3.2.4.).

5.2 Прорачун дозвољене носивости и прогнозног слегања тла

Анализе носивости и слегања појединачних шипова као и групе шипова извршене су на основу усвојених дубина фундирања у нивоу наглавних греда, облика и димензија наглавних греда као и распореда шипова на наглавним гредама, облика и димензија шипова и њихових предложених дужина.

Прорачун дозвољене носивости и слегања извршен је у софтверу "GEO5", користећи "Pile Group" софтверски пакет. Анализа је спроведена за прорачунски приступ 2 (ДА-2). Приликом прорачуна селектована је аналитичка анализа. Битно је напоменути да је у овом случају коефицијент ефикасности групе шипова уврштен у коначни резултат носивости групе шипова.

Добијени резултати прорачуна дозвољене носивости као и прогнозног слегања темељног тла за дужину шипова предложену од стране Инвеститора приказани су у оквиру Табеле 24.

Табела 24. Преглед резултата анализе носивости и слегања за појединачан шип и групу шипова

Стубно место	Дужина шипа (m)	Пречник шипа (m)	Резултати анализе				Прогнозно слегање групе шипова (mm)
			Rs (kN)	Rb (kN)	Rc (kN)	Rg (kN)	
C1	17.00	0.9	2889.31	1513.28	4402.59	51422.23	18.0
C2	20.00	0.9	3101.59	1325.78	4427.38	51711.78	24.9
C3	20.00	0.9	2903.75	1342.38	4246.13	49594.77	24.2
C4	17.00	0.9	2742.66	885.60	3628.26	41797.56	17.5

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTF OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORC (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+501 - CK 118+019), THE UNDERPASS 77+807.99
Description : S1
Author : Aljoša Mitić, M.Sc.Geol.Eng.
Date : 4/27/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)			
Permanent design situation			
		Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	γ_G =	1.35 [–]	1.00 [–]

Partial factors for resistances (R)		
Permanent design situation		
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10 [–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10 [–]

Soil parameters

saSi

Unit weight : γ = 21.10 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 7.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.10 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 58.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.69
Angle of internal friction : φ_{ef} = 24.00 °

siSaP1

Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP

Unit weight : γ = 18.70 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.70 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 32.00 °

clSa

Unit weight : γ = 22.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 22.20 kN/m³

Angle of internal friction : φ_{ef} = 28.00 °

CII

Unit weight : γ = 20.50 kN/m^3
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.50 kN/m^3
Cohesion of soil : c_u = 53.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.72
Angle of internal friction : φ_{ef} = 17.00 °

siSaP2

Unit weight : γ = 19.80 kN/m^3
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m^3
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

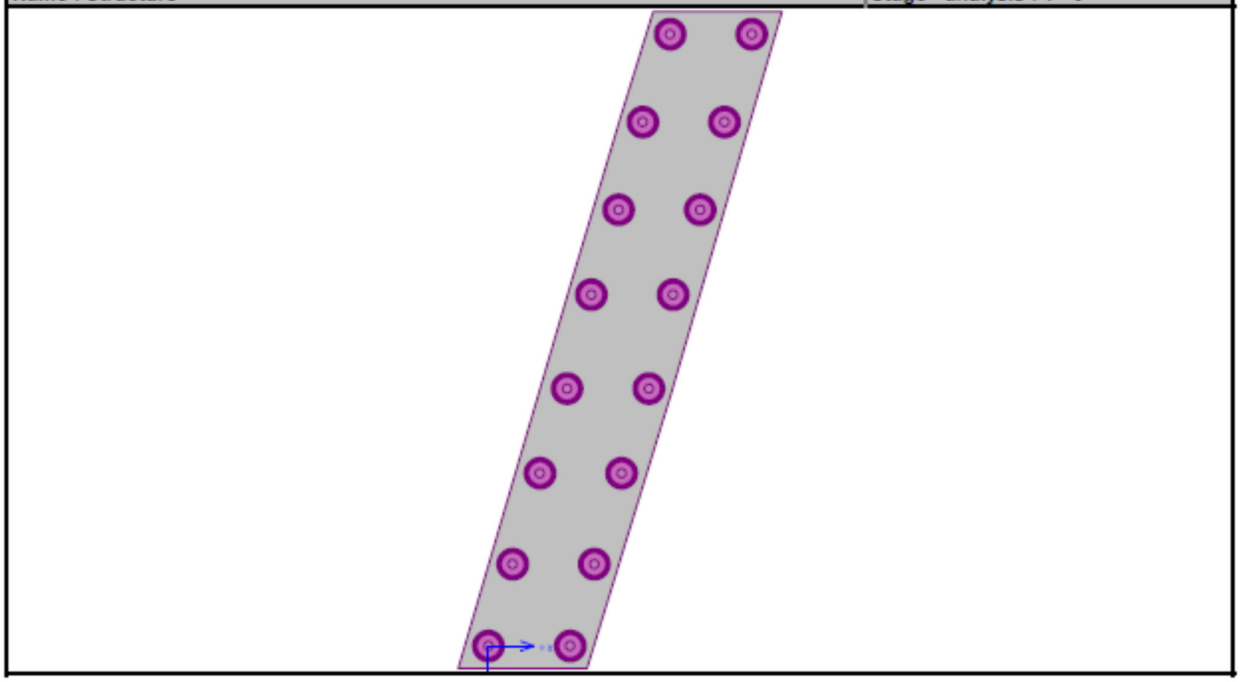
Construction

Pile diameter d = 0.90 m
Cap overlap o = 0.30 m

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	0.00	0.00
2	2.70	0.00
3	0.80	-2.70
4	3.50	-2.70
5	1.70	-5.70
6	4.40	-5.70
7	2.60	-8.50
8	5.30	-8.50
9	3.40	-11.60
10	6.10	-11.60
11	4.30	-14.40
12	7.00	-14.40
13	5.10	-17.30
14	7.80	-17.30
15	6.00	-20.20
16	8.70	-20.20

Name : Structure	Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface	h_z	= 0.00	m
Pile head offset	h	= -2.00	m
Thickness of pile cap	t	= 1.50	m
Length of piles	l	= 17.00	m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Assigned soil	Pattern
1	4.90	0.00 .. 4.90	saSi	
2	4.40	4.90 .. 9.30	siSaP1	
3	11.10	9.30 .. 20.40	SaP	
4	0.80	20.40 .. 21.20	clSa	
5	3.10	21.20 .. 24.30	Cll	
6	-	24.30 .. ∞	siSaP2	

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	24300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	17800.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s =	2889.31	kN
Pile base bearing capacity	R_b =	1513.28	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c =	4402.59	kN
Efficiency of pile group	η_g =	0.73	
Vertical bearing capacity of pile group	R_g =	51422.23	kN
Maximum vertical force	V_d =	24300.00	kN

R_g = 51422.23 kN > 24300.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k =	0.93
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v =	0.78
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b =	2.31
Base-load proportion for incompressible pile	β_0 =	0.07
Proportion of applied load transferred to pile base	β =	0.11

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0 =	0.08
Correction factor for pile compressibility	R_k =	1.12
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h =	1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v =	0.88

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_f =	3.45	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu} =	57452.89	kN
The settlement for the force Ryu	s_y =	58.0	mm
Total resistance	R_c =	62731.05	kN
Maximum settlement	s_{lim} =	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 17800.00 kN is 18.0 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTR OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORD (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+501 - CK 118+019), THE UNDERPASS 77+807.99
Description : S2
Author : Aljoša Mitić, M.Sc.Geol.Eng.
Date : 4/27/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)			
Permanent design situation			
		Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	γ_G =	1.35 [–]	1.00 [–]

Partial factors for resistances (R)		
Permanent design situation		
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10 [–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10 [–]

Soil parameters

saSi

Unit weight : γ = 21.10 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 7.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.10 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 58.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.69
Angle of internal friction : φ_{ef} = 24.00 °

siSaP1

Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP

Unit weight : γ = 18.70 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.70 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 32.00 °

clSa

Unit weight : γ = 22.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa

Saturated unit weight : γ_{sat} = 22.20 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 28.00 °

CII
Unit weight : γ = 20.50 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.50 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 53.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.72
Angle of internal friction : φ_{ef} = 17.00 °

siSaP2
Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

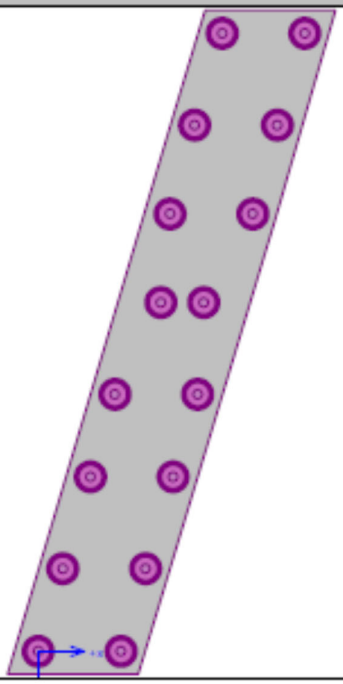
Construction

Pile diameter d = 0.90 m
Cap overlap o = 0.30 m

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	0.00	0.00
2	2.70	0.00
3	0.80	-2.70
4	3.50	-2.70
5	1.70	-5.70
6	4.40	-5.70
7	2.50	-8.40
8	5.20	-8.40
9	4.00	-11.40
10	5.40	-11.40
11	4.30	-14.30
12	7.00	-14.30
13	5.10	-17.20
14	7.80	-17.20
15	6.00	-20.20
16	8.70	-20.20

Name : Structure	Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -3.55 m
Thickness of pile cap t = 1.50 m
Length of piles l = 20.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Assigned soil	Pattern
1	3.80	0.00 .. 3.80	saSi	
2	4.40	3.80 .. 8.20	siSaP1	
3	10.40	8.20 .. 18.60	SaP	
4	1.10	18.60 .. 19.70	clSa	
5	3.30	19.70 .. 23.00	Cll	
6	-	23.00 .. ∞	siSaP2	

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	40000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	29100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil
Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s =	3101.59	kN
Pile base bearing capacity	R_b =	1325.78	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c =	4427.38	kN
Efficiency of pile group	η_g =	0.73	
Vertical bearing capacity of pile group	R_g =	51711.78	kN
Maximum vertical force	V_d =	40000.00	kN

R_g = 51711.78 kN > 40000.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k =	0.91
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v =	0.79
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b =	1.00
Base-load proportion for incompressible pile	β_0 =	0.06
Proportion of applied load transferred to pile base	β =	0.04

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0 =	0.07
Correction factor for pile compressibility	R_k =	1.18
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h =	1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v =	0.89

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_r =	3.45	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu} =	57010.50	kN
The settlement for the force Ryu	s_y =	48.8	mm
Total resistance	R_c =	60162.82	kN
Maximum settlement	s_{lim} =	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 29100.00 kN is 24.9 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONST OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BOR (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+501 - CK 118+019), THE UNDERPASS 77+807.99
Description : S3
Author : Aljoša Mitić, M.Sc.Geol.Eng.
Date : 4/27/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)			
Permanent design situation			
		Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	γ_G =	1.35 [–]	1.00 [–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10	[–]

Soil parameters

saSi

Unit weight : γ = 21.10 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 7.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.10 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 58.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.69
Angle of internal friction : φ_{ef} = 24.00 °

siSaP1

Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP

Unit weight : γ = 18.70 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.70 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 32.00 °

clSa

Unit weight : γ = 22.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa

Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	22.20 kN/m³
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	28.00 °

CII

Unit weight :	γ	=	20.50 kN/m³
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	8.00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	20.50 kN/m³
Cohesion of soil :	c_u	=	53.00 kPa
Adhesion factor :	α	=	0.72
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	17.00 °

siSaP2

Unit weight :	γ	=	19.80 kN/m³
Oedometric modulus :	E_{oed}	=	8.00 MPa
Saturated unit weight :	γ_{sat}	=	19.80 kN/m³
Angle of internal friction :	φ_{ef}	=	30.00 °

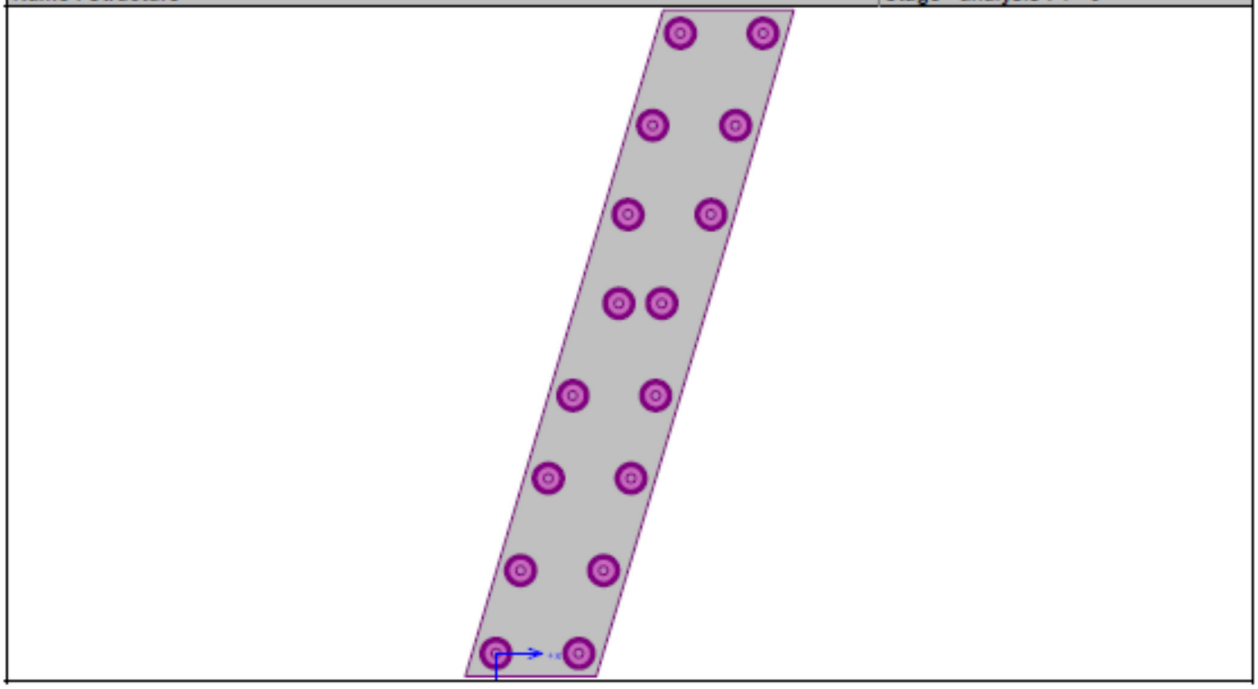
Construction

Pile diameter d = 0.90 m
Cap overlap o = 0.30 m

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	0.00	0.00
2	2.70	0.00
3	0.80	-2.70
4	3.50	-2.70
5	1.70	-5.70
6	4.40	-5.70
7	2.50	-8.40
8	5.20	-8.40
9	4.00	-11.40
10	5.40	-11.40
11	4.30	-14.30
12	7.00	-14.30
13	5.10	-17.20
14	7.80	-17.20
15	6.00	-20.20
16	8.70	-20.20

Name : Structure	Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -3.55 m
Thickness of pile cap t = 1.50 m
Length of piles l = 20.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Assigned soil	Pattern
1	3.50	0.00 .. 3.50	saSi	
2	4.20	3.50 .. 7.70	siSaP1	
3	9.40	7.70 .. 17.10	SaP	
4	2.00	17.10 .. 19.10	clSa	
5	3.30	19.10 .. 22.40	Cll	
6	-	22.40 .. ∞	siSaP2	

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	40000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	29100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil
Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s =	2903.75	kN
Pile base bearing capacity	R_b =	1342.38	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c =	4246.13	kN
Efficiency of pile group	η_g =	0.73	
Vertical bearing capacity of pile group	R_g =	49594.77	kN
Maximum vertical force	V_d =	40000.00	kN

R_g = 49594.77 kN > 40000.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k =	0.91
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v =	0.79
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b =	1.00
Base-load proportion for incompressible pile	β_0 =	0.06
Proportion of applied load transferred to pile base	β =	0.04

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0 =	0.07
Correction factor for pile compressibility	R_k =	1.20
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h =	1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v =	0.89

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_r =	3.45	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu} =	53373.88	kN
The settlement for the force Ryu	s_y =	44.4	mm
Total resistance	R_c =	56850.63	kN
Maximum settlement	s_{lim} =	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 29100.00 kN is 24.2 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTI OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORI (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+501 - CK 118+019), THE UNDERPASS 77+807.99
Description : S4
Author : Aljoša Mitić, M.Sc.Geol.Eng.
Date : 4/27/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)			
Permanent design situation			
		Unfavourable	Favourable
Permanent actions :	γ_G =	1.35 [–]	1.00 [–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10	[–]

Soil parameters

saSi

Unit weight : γ = 21.10 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 7.50 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 21.10 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 58.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.69
Angle of internal friction : φ_{ef} = 24.00 °

siSaP1

Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

SaP

Unit weight : γ = 18.70 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 18.70 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 32.00 °

clSa

Unit weight : γ = 22.20 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 18.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 22.20 kN/m³

Angle of internal friction : φ_{ef} = 28.00 °

CII

Unit weight : γ = 20.50 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.50 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 53.00 kPa
Adhesion factor : α_i = 0.72
Angle of internal friction : φ_{ef} = 17.00 °

siSaP2

Unit weight : γ = 19.80 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 8.00 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.80 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 30.00 °

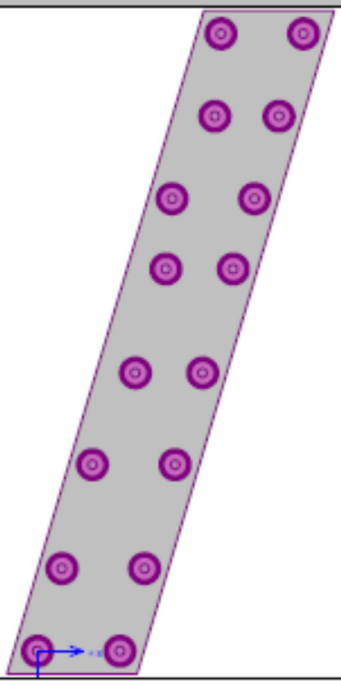
Construction

Pile diameter d = 0.90 m
Cap overlap o = 0.30 m

Coordinates of piles

No.	x [m]	y [m]
1	0.00	0.00
2	2.70	0.00
3	0.80	-2.70
4	3.50	-2.70
5	1.80	-6.10
6	4.50	-6.10
7	3.20	-9.10
8	5.40	-9.10
9	4.20	-12.50
10	6.40	-12.50
11	4.40	-14.80
12	7.10	-14.80
13	5.80	-17.50
14	7.90	-17.50
15	6.00	-20.20
16	8.70	-20.20

Name : Structure	Stage - analysis : 1 - 0



Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -2.00 m
Thickness of pile cap t = 1.50 m
Length of piles l = 17.00 m

Geological profile and assigned soils

No.	Thickness of layer t [m]	Depth z [m]	Assigned soil	Pattern
1	4.10	0.00 .. 4.10	saSi	
2	4.20	4.10 .. 8.30	siSaP1	
3	8.80	8.30 .. 17.10	SaP	
4	2.50	17.10 .. 19.60	clSa	
5	3.20	19.60 .. 22.80	Cll	
6	-	22.80 .. ∞	siSaP2	

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	24300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	17800.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 18.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity	R_s =	2742.66	kN
Pile base bearing capacity	R_b =	885.60	kN
Vertical bearing capacity of single pile	R_c =	3628.26	kN
Efficiency of pile group	η_g =	0.72	
Vertical bearing capacity of pile group	R_g =	41797.56	kN
Maximum vertical force	V_d =	24300.00	kN

R_g = 41797.56 kN > 24300.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of load settlement curve - partial results

Correction factor for pile compressibility	C_k =	0.93
Correction factor for Poisson's ratio of soil	C_v =	0.79
Correction factor for stiffness of bearing stratum	C_b =	1.54
Base-load proportion for incompressible pile	β_0 =	0.07
Proportion of applied load transferred to pile base	β =	0.08

Influence coefficients of settlement :

Basic - dependent on ratio l/d	I_0 =	0.08
Correction factor for pile compressibility	R_k =	1.13
Correction factor for finite depth of layer on a rigid base	R_h =	1.00
Correction factor for Poisson's ratio of soil	R_v =	0.89

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor	g_r =	3.45	
Load at the onset of mobilization of skin friction	R_{yu} =	52261.65	kN
The settlement for the force Ryu	s_y =	51.5	mm
Total resistance	R_c =	56202.90	kN
Maximum settlement	s_{lim} =	120.0	mm

The settlement for maximum service load V = 17800.00 kN is 17.5 mm.

2/1.1.2.6.2 ПРОРАЧУН ИНТЕРАКЦИЈЕ КОЛОСЕК - МОСТ

САДРЖАЈ

1.1 Текстуална документација

1.1.1 Технички опис

1.1.1.1 Резултати прорачуна интеракције колосек - мост
1.1.1.2 Резултати провере стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту
1.1.1.3 Резултати провере величине зазора услед пуцања шине на мосту
1.1.1.4 Техничке мере за осигурање безбедности при исклизнућу возила из колосека на мосту

1.2 Нумеричка документација

1.2.1 Статички прорачун

1.2.1.1 Улазни прорачунски параметри оптерећења
1.2.1.2 Улазни прорачунски параметри колосека
1.2.1.3 Улазни прорачунски параметри моста
1.2.1.4 Прорачунски модел интеракције колосек - мост
1.2.1.5 Прорачун интеракције колосек - мост за летње климатске услове
1.2.1.6 Прорачун интеракције колосек - мост за зимске климатске услове
1.2.1.7 Стабилност колосека у хоризонталној равни на мосту у летњим климатским условима
1.2.1.8 Величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима

1.1 Текстуална документација

1.1.1 Технички опис

Прорачун интеракције колосек - мост за потребе уређења конструкције горњег строја железничке пруге на мосту на km 77+807,99 извршен је у складу са захтевима Техничких спецификација интероперабилности за подсистем инфраструктура (INF TSI).

Улазни прорачунски параметри оптерећења су усклађени са: Техничким спецификацијама интероперабилности за подсистем инфраструктура, као и српским стандардима SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

У том смислу разматрана су следећа опретећења услед:

- меродавних температурних промена у оси моста и континуално завареним шинама,
- вертикалног оптерећења од возила у складу са шемом оптерећења LM 71, SW/0, SW/2.
- хоризонталног оптерећења услед убрзања и/или кочења возила.

Сви улазни прорачунски подаци који се односе на конструкцију моста, конструкцију горњег строја железничке пруге, као и железничка возила детаљно су образложени у поглављима 1.2.1.1, 1.2.1.2 и 1.2.1.3. С обзиром на то да је пројектна брзина 80 km/h, извршен је статички прорачун интеракције колосек - мост. Прорачун је извршен помоћу интегралног модела конструкције колосека и конструкције моста, уз разматрање:

- параметара моста: диспозиција моста (статички систем, распон, дилатациона дужина), геометријске карактеристике конструкције горњег строја моста, крутост и распоред ослонаца,
- параметара колосека: попречни пресек шине и квалитет шинског челика, отпор подужном померању неоптерећеног и оптерећеног колосека уз узимање у обзир билинеарног понашања,
- параметара оптерећења: температурна промена у конструкцији горњег строја моста, температурна промена у континуално завареним шинама, убрзање/кочење возила, померања и заокретања крајева конструкције горњег строја моста услед оптерећења од саобраћаја.

Веза између елемената колосека и елемената конструкције горњег строја моста моделована је помоћу еластичних веза са билинеарним понашањем. Хоризонтална крутост ослоначких елемената је дефинисана у моделу на основу UIC 774-3 препорука и SRPS EN 1991-2 стандарда. На тај начин се добијају утицаји у шинама који су меродавни за упоређивање са дозвољеним додатним напонима, доказивање стабилности колосека у хоризонталној равни при максималним летњим температурним променама, као и прорачуну величине зазора услед пуцања шине при максималним зимским температурним променама. Прорачунски модел узима у обзир колосек са континуално завареним шинама на дужини моста и по 300 m испред и иза моста, што одговара максималној утицајној дужини кочења возила. Изглед прорачунског модела приказан је на сликама 9-11. Детаљан опис карактеристика модела приказан је у поглављу 1.2.1.4.

1.1.1.1 Резултати прорачуна интеракције колосек - мост

Хоризонталне реакције по једном (од укупно девет на једној конструкцији моста) непокретном лежишту моста на једном (од укупно два) средњем стубу услед интеракције колосек - мост:

Лева/Десна конструкција моста:

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**±89,96 kN**	**±89,68 kN**
Убрзање + Кочење воза	**+43,18 kN**	**+31,39 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**±10,96 kN**	**±10,98 kN**
Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже. Напомена 2: За димензионисање лежишта и стубова моста узима се комбиновани утицај силе од температуре, силе убрзања + кочења и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.		

Максимални додатни напони притиска и затезања у континуално завареним шинама:

Лева/Десна конструкција моста:

Врста утицаја	**Леви колосек**	**Десни колосек**
Летњи климатски услови		
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	-8,17 MPa	-8,17 MPa
Убрзање воза/Кочење воза	-51,10 MPa	-53,40 MPa
Вертикално оптерећење од воза	0,00 MPa	0,00 MPa
Укупни додатни напони притиска у мероданим пресецима континуално заварене шине	**-59,27 MPa ≤ -62 MPa**	**-61,57 MPa ≤ -62 MPa**
Зимски климатски услови		
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	+14,96 MPa	+14,96 MPa
Убрзање воза/Кочење воза	+61,22 MPa	+62,47 MPa
Вертикално оптерећење од воза	+3,20 MPa	+3,20 MPa
Укупни додатни напони затезања у мероданим пресецима континуално заварене шине	**+79,38 MPa ≤ +92 MPa**	**+80,63 MPa ≤ +92 MPa**
Напомена 1: Напони притиска са предзнаком (-), напони затезања са предзнаком (+)		

Максимална апсолутна и релативна померања конструкције колосека и конструкције горњег строја моста:

Лева/Десна конструкција моста:

Врста померања	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**4,59 mm ≤ 5 mm**	**4,62 mm ≤ 5 mm**
Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**1,83 mm ≤ 4 mm (кочење)** **1,70 mm ≤ 4 mm (убрзање)**	**1,83 mm ≤ 4 mm (кочење)** **1,74 mm ≤ 4 mm (убрзање)**
Хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза	**0,02 mm ≤ 8mm**	**0,02 mm ≤ 8mm**

1.1.1.2 Резултати провере стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту

Улазни параметри за проверу стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту при екстремним летњим температурама у шинама и конструкцији горњег строја моста усвојени су у складу са поглављем 1.2.1.7 и на основу резултата прорачуна интеракције колосек - мост.

Провера стабилности колосека у хоризонталној равни спроведена је за максималну вредност силе притиска у колосеку на мосту -1688070 N.

1.1.1.3 Резултати провере величине зазора услед пуцања шине на мосту

Прорачун је извршен уз претпоставку да је максимални подужни отпор при еластичном померању шине кроз систем еластичног шинског причвршћења 30 kN/m, што одговара сили подужног отпора 9 kN.

Срачуната вредност зазора услед пуцања шине у зимским условима износи приближно 38,06 mm.

1.1.1.4 Техничке мере за осигурање безбедности при исклизнућу возила из колосека на мосту

- Сигурносне шине, за задржавање возова у колосеку у случају исклизнућа, потребно је уградити, јер оне могу да пруже сигурност при брзинама до 160 km/h. Улога сигурносних шина је да задрже возило у колосеку уколико дође до исклизнућа на мосту. На тај начин се штити конструкција моста од оштећења и смањују се остале негативне последице исклизнућа (нпр. пад возила са моста након исклизнућа). Сигурносне шине се постављају на прагове са равном горњом површином. Сигурносне шине се продужавају по 10 m на насипе испред и иза моста и спајају се у средини колосека. Потребно је обезбеди и да горња ивица ивичњака бетонског корита моста буде 25 cm изнад горње ивице прага.

1.2 Нумеричка документација

1.2.1 Статички прорачун

1.2.1.1 Улазни прорачунски параметри оптерећења

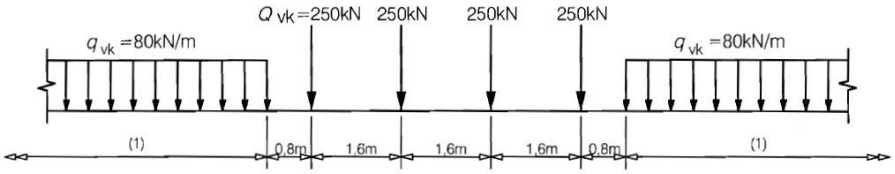
Улазни прорачунски параметри оптерећења су усклађени са: Техничким спецификацијама интероперабилности за подсистем инфраструктура, као и српским стандардима SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

Деловање температуре:

- температурна промена у континуално завареним шинама у летњим климатским условима: +42,5 K,
- температурна промена у континуално завареним шинама у зимским климатским условима: -52,5 K,
- температурна промена у конструкцији горњег строја моста у летњим климатским условима: +35 K,
- температурна промена у конструкцији горњег строја моста у зимским климатским условима: -35 K.

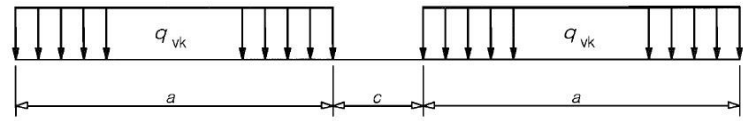
Деловање вертикалног оптерећења од воза:

- LM71



Сл. 2: Шема оптерећења LM71 (α=1,21)

- SW/0, SW/2



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Сл. 3: Шема оптерећења SW/0, SW/2 (α=1,21 за SW/0)

Деловање хоризонталног оптерећења од убрзање/кочења воза LM71, SW/0, SW/2:

- сила убрзања воза 33 kN/m (≤1000 kN) за LM71, SW/0, SW/2 (α=1,21 за LM71, SW/0),
- сила кочења воза 20 kN/m (≤6000 kN) за LM71, SW/0 (α=1,21),
- сила кочења воза 35 kN/m за SW/2.

1.2.1.2 Улазни прорачунски параметри колосека

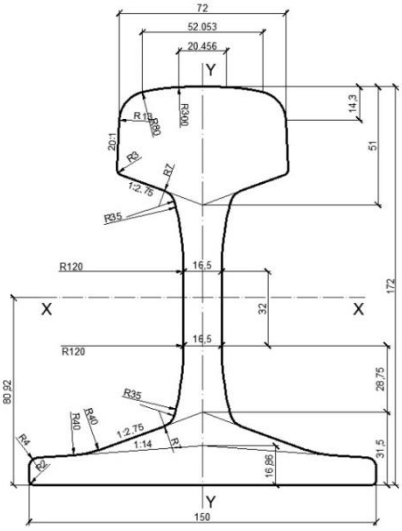
Улазни прорачунски параметри колосека су усклађени са: српрским стандардима SRPS EN 13146-1, SRPS EN 13230 - делови 1 и 2, SRPS EN 13231, SRPS EN 13450, SRPS EN 13481 - делови 1 и 2, SRPS EN 13674-1, SRPS EN 1991-2, Законом о безбедности и интероперабилности железничког саобраћаја, као и Правилником о техничким условима и одржавању горњег строја железничких пруга.

Шина

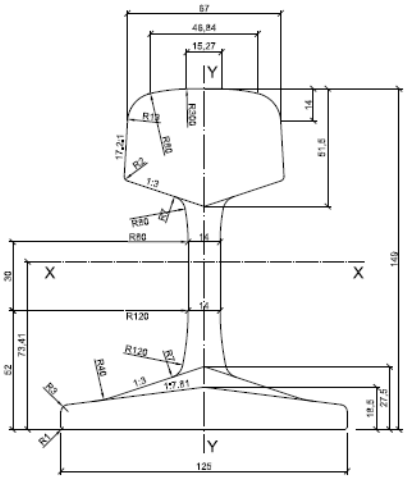
- попречни пресек шине 60E1 (затезна чврстоћа челика 900 N/mm^2) у складу са SRPS EN 13674-1 на магистралним колосецима, као и на везним колосецима на мосту и по 50 m испред и иза моста,
- Јунгов модул еластичности шинског челика E=210 GPa,
- дозвољени додатни напон затезања у ножици шине 92 MPa за колосек у кривини R=390 m и отпор бочном померању колосека од 16,66 kN/m,
- дозвољени додатни напон притиска у шини 62 MPa, за колосек у кривини R=390 m и отпор бочном померању колосека од 16,66 kN/m,
- С обзиром да UIC 774-3 и SRPS EN 1991-2 не прописују редуковане вредности дозвољених додатних напона у шинама када је колосек у кривини R<1500 m, дозвољени додатни напони у

шинама су одређени узимајући у обзир величину радијуса кривине и вредност отпора бочном померању колосека у кривини,

- термички коефицијент издужења шинског челика $\alpha=1{,}15x10^{-5}$ 1/K.



F	[cm²]	76.7
m/l	[kg/m]	60.21
I_x	[cm⁴]	3038.3
$W_{x,h}$	[cm³]	333.6
$W_{x,b}$	[cm³]	375.5
I_y	[cm⁴]	512.3
W_y	[cm³]	68.3
b_r	[mm]	150
h_r	[mm]	172



F	[cm²]	62.92
m/l	[kg/m]	49.39
I_x	[cm⁴]	1816
$W_{x,h}$	[cm³]	240.3
$W_{x,b}$	[cm³]	247.5
I_y	[cm⁴]	319.1
W_y	[cm³]	51
b_r	[mm]	125
h_r	[mm]	149

Сл. 4: Попречни пресек шине 60E1 и 49E1 са геометријским карактеристикама

Напомена: Због прекорачења дозвољених вредности додатних напона у шинама 49E1 извршен је прелазак са шине типа 49E1 на шину типа 60E1 на везним колосецима на мосту као и у зонама по 50 m испред и иза моста.

Системи еластичних шинских причвршћења

За бетонске прагове у складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13481 - делови 1 и 2 и SRPS EN 13146-1.

- минимални еластични подужни отпор померању шине ≥ 7 kN (рачунато са 9 kN) у складу са SRPS EN 13674-1.

Једноделни прагови од преднапрегнутог бетона са равном горњом површином

У складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13481-2 и SRPS EN 13230 - делови 1 и 2.

- минимална маса прага 281 kg без шинског причвршћења,
- дужина прага 260 cm,
- подужно осно растојање између прагова 60 cm,
- минимална активна површина ослањања прага на застор 0,57 m^2.

Бочна стабилност колосека

- захтевана минимална вредност отпора бочном померању колосека од 16,66 kN/m на мосту и у зонама по 50 m испред и иза моста.

Засторна призма од туцаника

У складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13450 са димензијама засторне призме према SRPS EN 13231.

- минимална дебљина засторне призме на мосту испод доње ивице прага у пресеку испод шине 35 cm,
- ширина раменог дела засторне призме у бетонском кориту моста > 50 cm,
- отпор засторне призме подужном померању неоптерећеног колосека k=20 kN/m у складу са SRPS EN 1991-2,
- отпор засторне призме подужном померању оптерећеног колосека k=60 kN/m у складу са SRPS EN 1991-2.

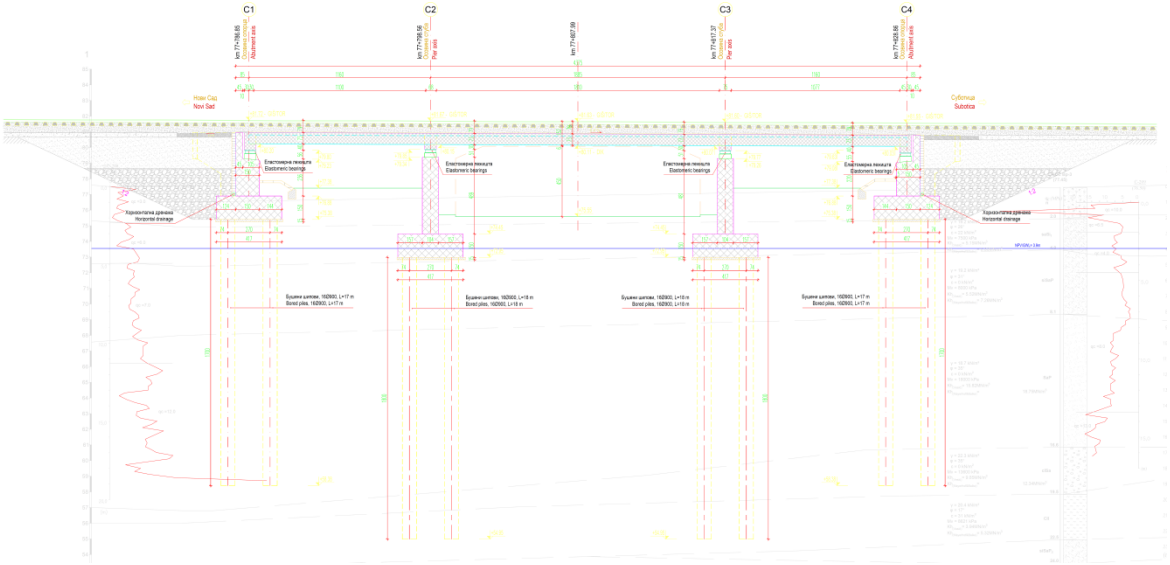
1.2.1.3 Улазни прорачунски параметри моста

Улазни прорачунски параметри моста су дефинисани у складу са карактеристикама конструкције моста.

- мост је статичког система континуалног носача распона 11,60 m + 18,85 m + 11,60 m,
- конструкцију горњег строја моста чини две међусобно дилатиране спрегнуте мостовске конструкције,

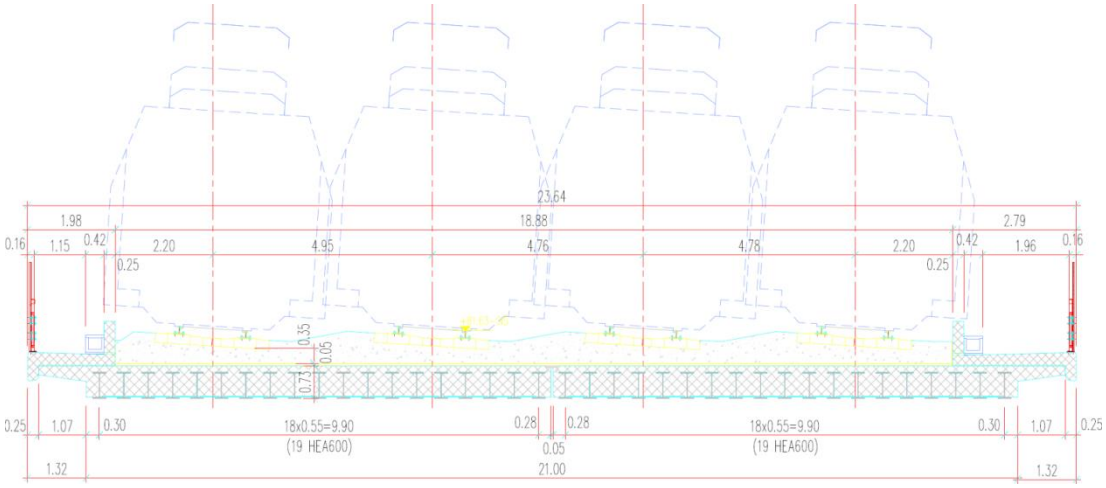
- челични I профили се изводе од челика класе S355,
- АБ носач се изводи од бетона класе C35/45,
- ослањање конструкције горњег строја моста се врши преко 52 лежишта, по 8 на оба опорца и по 18 на оба средња стуба,
- захтевана минимална подужна (хоризонтална) крутост ослонаца конструкције горњег строја моста при убрзању/кочења воза је ≥ 250000 kN/m,
- дилатациона дужина моста је L_T=21,03 m,
- мост је прав,
- на мосту се налази четири колосека железничке пруге у кружној кривини радијуса приближно R=390 m пројектоване за брзину V_p=80 km/h,
- максимално допуштено подужно релативно померање између континуално заварене шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза је ≤ 4 mm,
- максимално допуштено подужно апсолутно померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза је ≤ 5 mm,
- максималано допуштено подужно померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза је ≤ 8 mm.

Подужни пресек



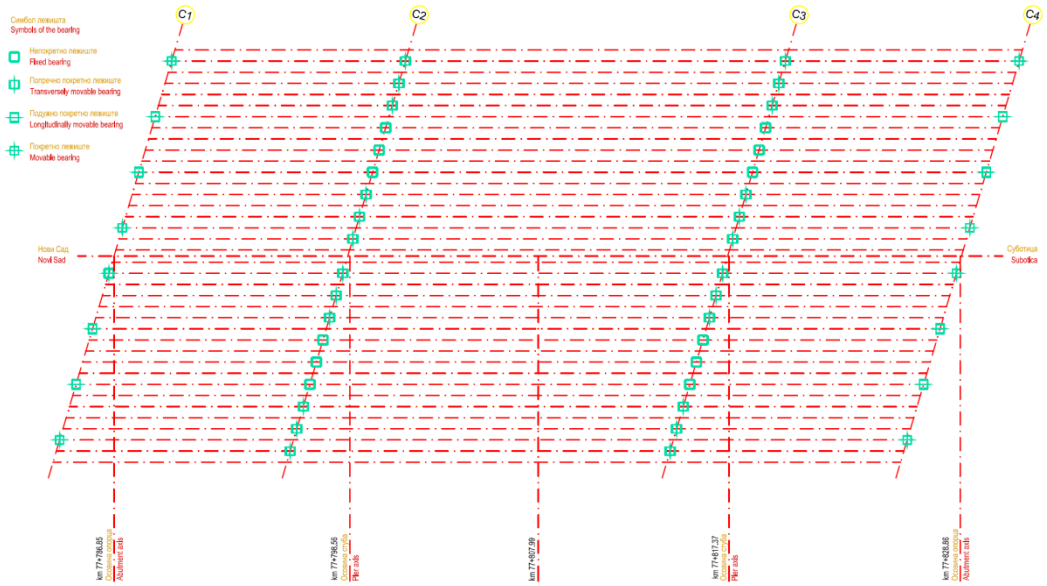
Сл. 5: Подужни пресек моста на km 77+807,99

Попречни пресек

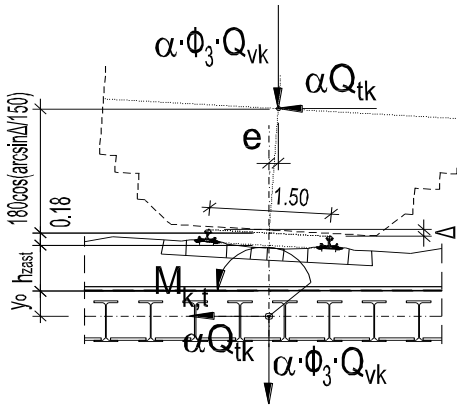


Сл. 6: Попречни пресек моста на km 77+807,99

План лежишта



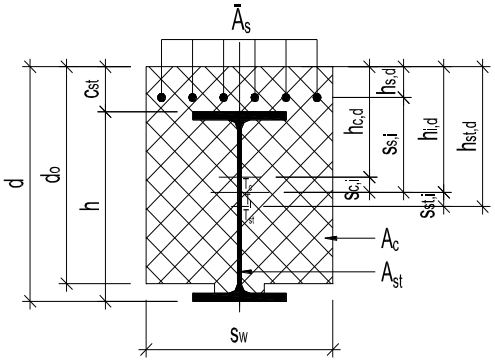
Сл. 7: План лежишта моста на km 77+807,99



R= 390 m v= 80 km/h Δ= 11.5 cm h_{zast}= 60 cm

	$Q_{v,1}$ [kN]	Φ_3	$\alpha\cdot\Phi_3\cdot Q_{v,1}$ [kN]	e [m]	$M_{v,t}$ [kNm]	$\alpha\cdot Q_{tk}$ [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]
LM71	250	1.261	381.5	0.138	-52.6	39.09	0.36	2.93	114.7
/m'	80	1.261	122.1	0.138	-16.8	12.51	0.36	2.93	36.7
SW/0 /m'	133	1.261	203.0	0.138	-28.0	20.79	0.36	2.93	61.0
	Q_{vk} [kN]	Φ_3	$Q_{v,1}$ [kN]	e [m]	$M_{v,t}$ [kNm]	Q_{tk} [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]
SW/2 /m'	150	-	150.0	0.138	-20.7	19.38	0.36	2.93	56.9

Геометријске карактеристике елемената конструкције горњег строја моста



set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	$h_{st,d}$ [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]	c_{st} [cm]	$h_{c,d}$ [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{s,d}$ [cm]
1	73	226	352	141208	59	43,5	67,5	55	3581	1379674	14	34,1	0	0
2	73	226	352	141208	59	43,5	67,5	55	3581	1379674	14	34,1	29,46	7,95

	Kratkotrajna opterećenja		n_i= 6			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	823	36,38	-7,12	2,25	0,00	385643
2	852	35,51	-7,99	1,39	27,56	387506

	Dugotrajna opterećenja		n_v= 18			
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	425	38,98	-4,52	4,85	0,00	227160
2	454	37,02	-6,48	2,89	29,07	229891

Материјалне карактеристике елемената конструкције горњег строја моста

Челични I профили су од челика класе S355 следећих карактеристика:

Челик класе S355:

- $E=2,1x10^8$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

АБ носач је од бетона класе C35/45 следећих карактеристика:

Бетон класе C35/45:

- $E= 3,4077x10^7$ kN/m^2
- v=0,2
- $\alpha=1,0x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=23,54$ kN/m^3

Затегнута арматура у бетонском кориту је класе B500B:

Арматурни челик класе B500B:

- $E=2,1x10^8$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

1.2.1.4 Прорачунски модел интеракције колосек - мост

На основу прорачуна интеракције колосек - мост добијају се утицаји у следећем облику:

- подужне силе у ослонцима (реакције непокретних ослонаца),
- додатни напони у шинама,
- апсолутна и релативна померања шина и конструкције горњег строја моста.

Утицаји услед интеракције се одређују итеративно, серијом нелинеарних симулација, како би се утврдило понашање система колосек - мост, услед температурних промена у конструкцији горњег строја моста, вертикалног оптерећења од воза и подужних сила услед убрзања/кочења воза.

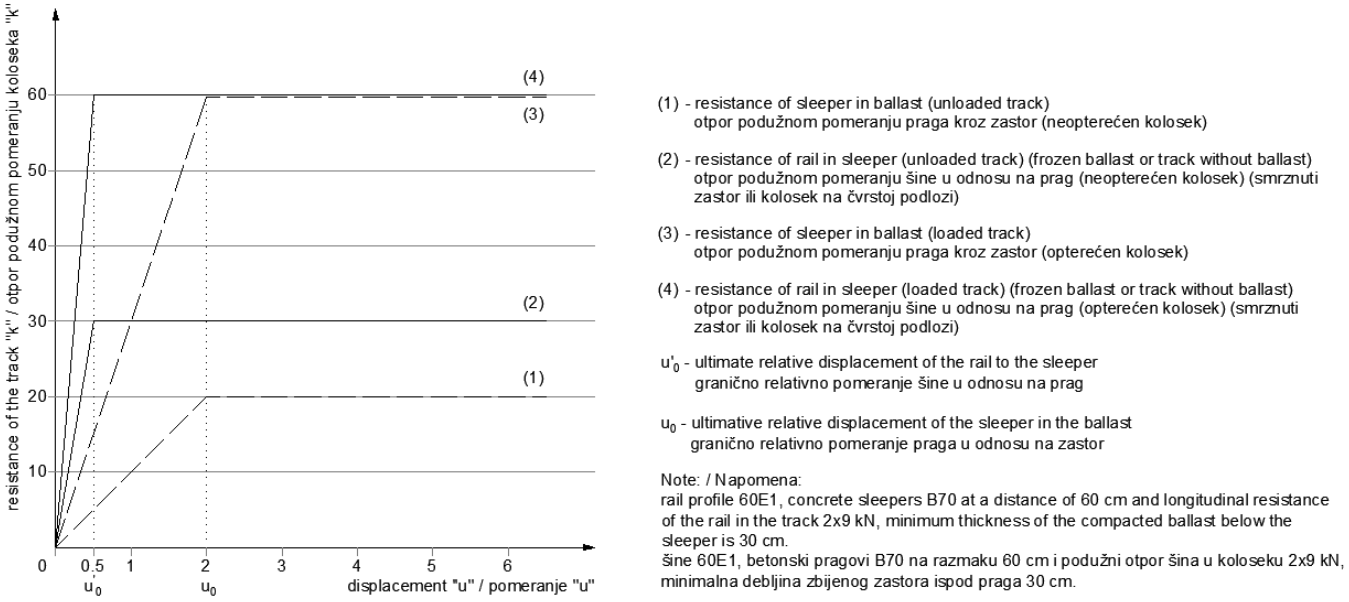
Прорачун интеракције колосек - мост се спроводи помоћу интегралног модела конструкције колосека и конструкције моста узимајући у обзир:

- параметре моста: диспозиција моста (статички систем, распони, дилатационе дужине), геометријске карактеристике конструкције горњег строја моста, крутост и распоред ослонаца,
- параметре колосека: попречни пресек шине и квалитет шинског челика, отпор подужном померању оптерећеног и неоптерећеног колосека уз узимање у обзир билинеарног понашања везе колосек - мост,

- параметре оптерећења: температурне промене у конструкцији горњег строја моста и шинама, убрзања и кочење воза, померања и заокретања крајева конструкције горњег строја моста услед оптерећења од саобраћаја.

Веза између елемената колосека и елемената конструкције горњег строја моста моделована је помоћу еластичних веза са билинеарним понашањем у складу са српским стандардом SRPS EN 1991-2 (слика 8).

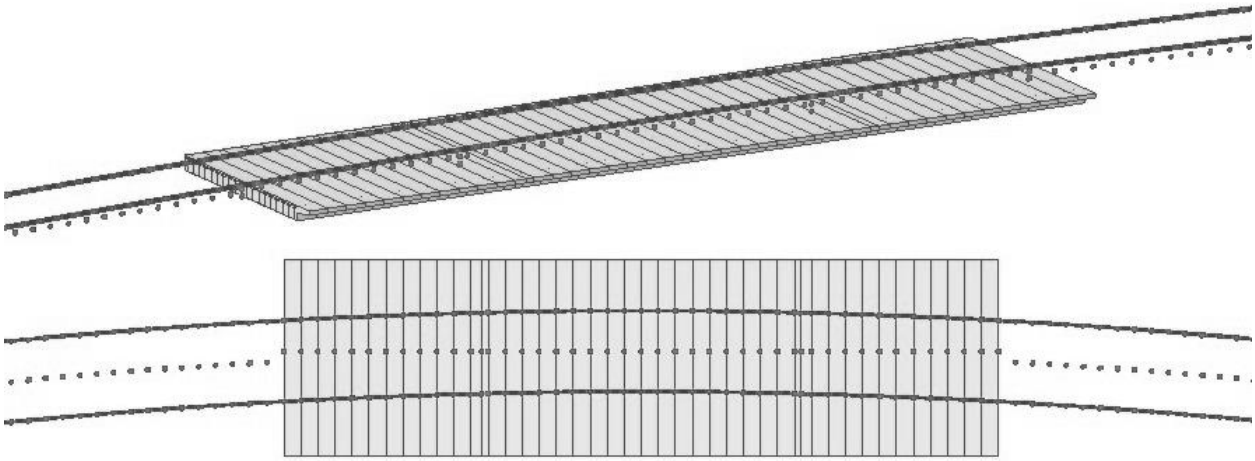
У моделу је усвојена хоризонтална крутост непокретног ослонца моста која одговара стварном померњу конструкције горњег строја моста при убрзању/кочењу воза. На тај начин се добијају утицаји у шинама који су меродавни за анализу дозвољених додатних напона и стабилност колосека при максималним летњим температурним променама, као и величине зазора при пуцању шине при максималним зимским температурним променама. Прорачунски модел узима у обзир колосек са континуално завареним шинама на дужини од 300 m испред и иза моста, што одговара максималној утицајној дужини кочења воза.



Сл. 8: Дијаграм отпора подужном померању колосека/шине

Изглед прорачунског модела

Лева/Десна конструкција моста



Сл. 9: Изглед прорачунског модела у кривини

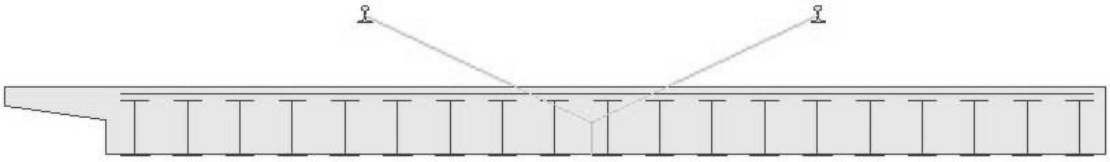
Подужни пресек прорачунског модела

Лева/Десна конструкција моста

Сл. 10: Подужни пресек прорачунског модела

Попречни пресек прорачунског модела

Лева/Десна конструкција моста



Сл. 11: Попречни пресек прорачунског модела са приказом еластичних веза са билинеарним понашањем између колосека и конструкције горњег строја моста

1.2.1.5 Прорачун интеракције колосек - мост за летње климатске услове

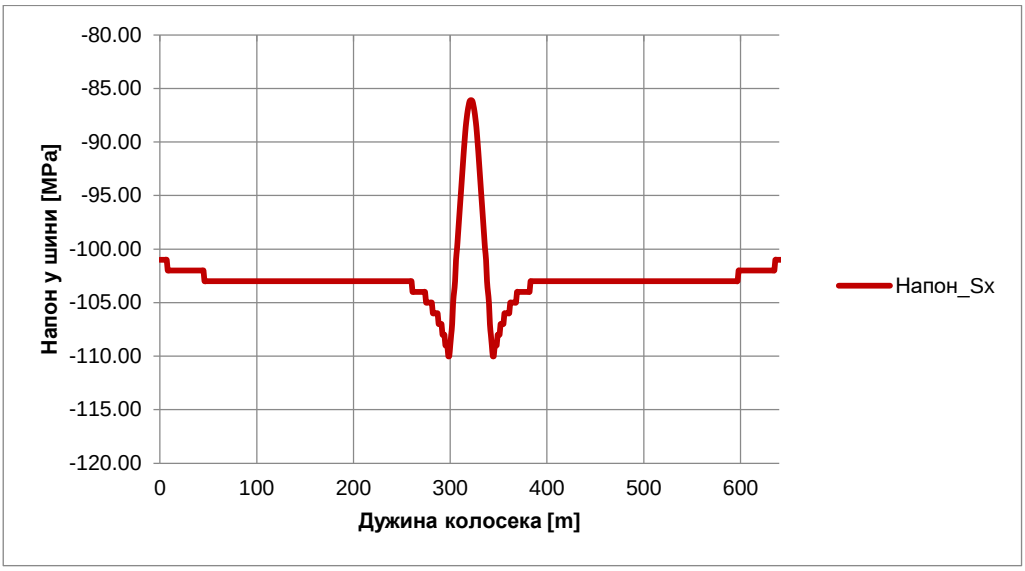
1) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста и континуално завареној шини

Леви колосек

Максимални напон притиска у шини = **-8,17 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

Десни колосек

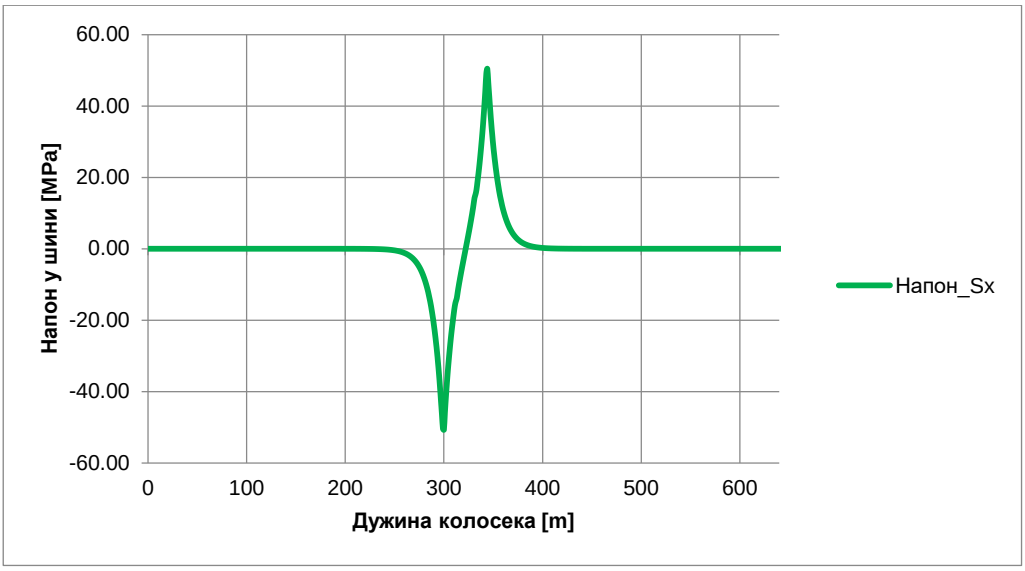


Максимални напон притиска у шини = **-8,17 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

2) Напон у шини услед убрзања/кочења воза

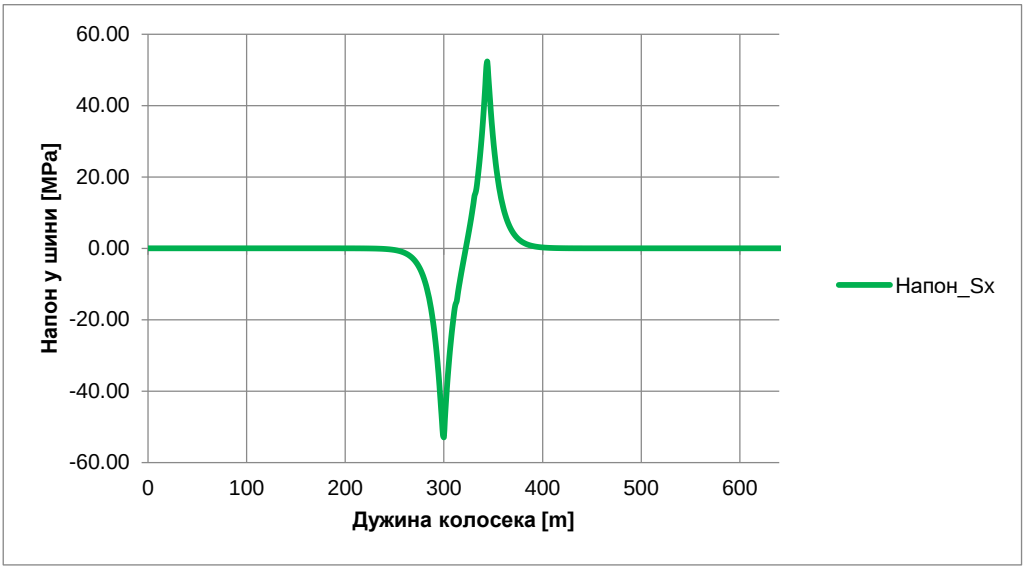
Леви колосек (кочење воза)



Максимални напон притиска у шини = **-51,10 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

Десни колосек (убрзање воза)

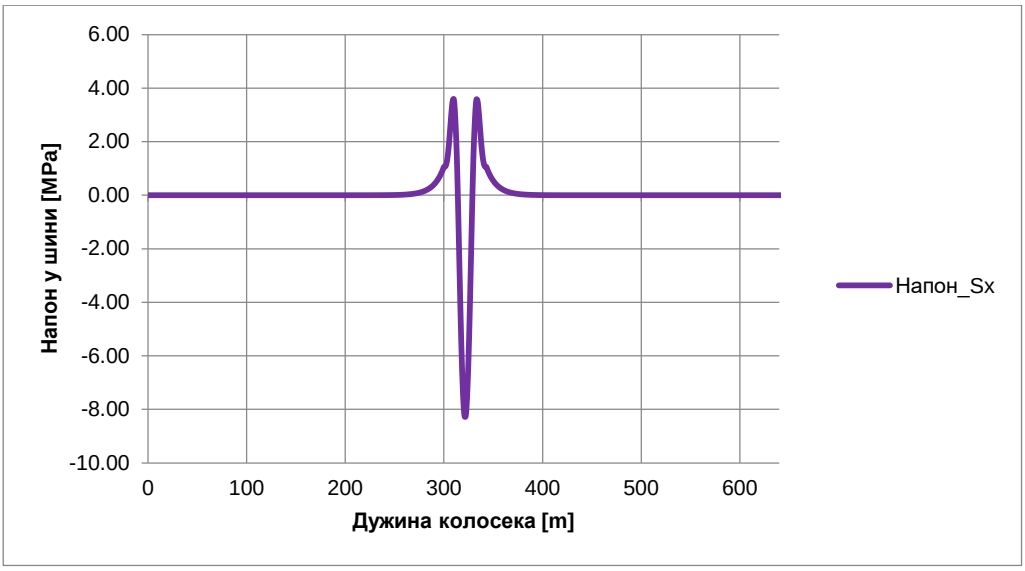


Максимални напон притиска у шини = **-53,40 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

3) Напон у шини услед савијања у вертикалној равни од воза

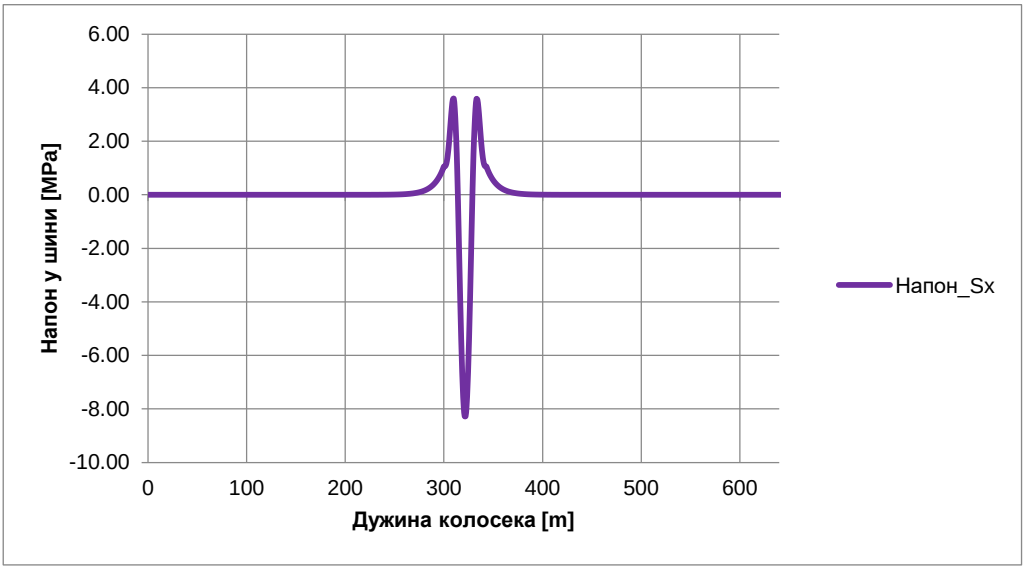
Леви колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+1,43 MPa**

Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+1,43 MPa**

4) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста, убрзања/кочења воза и савијања у вертикалној равни од воза

Леви колосек

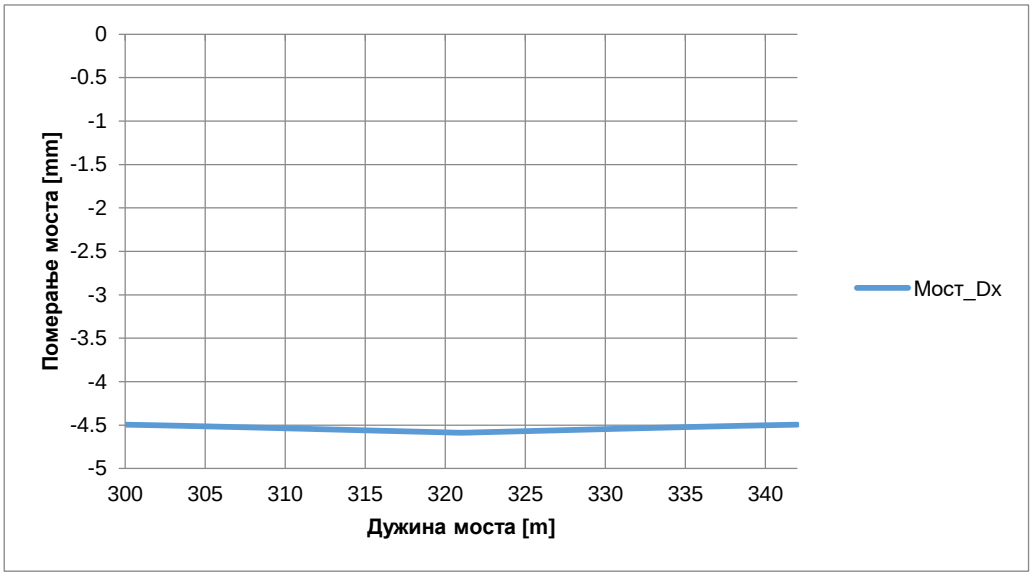
Максимални напон притиска у шини = **-8,17-51,10-0,00 = -59,27 MPa ≤ -62,00 MPa**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **-8,17-53,40-0,00 = -61,57 MPa ≤ -62,00 MPa**

5) Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

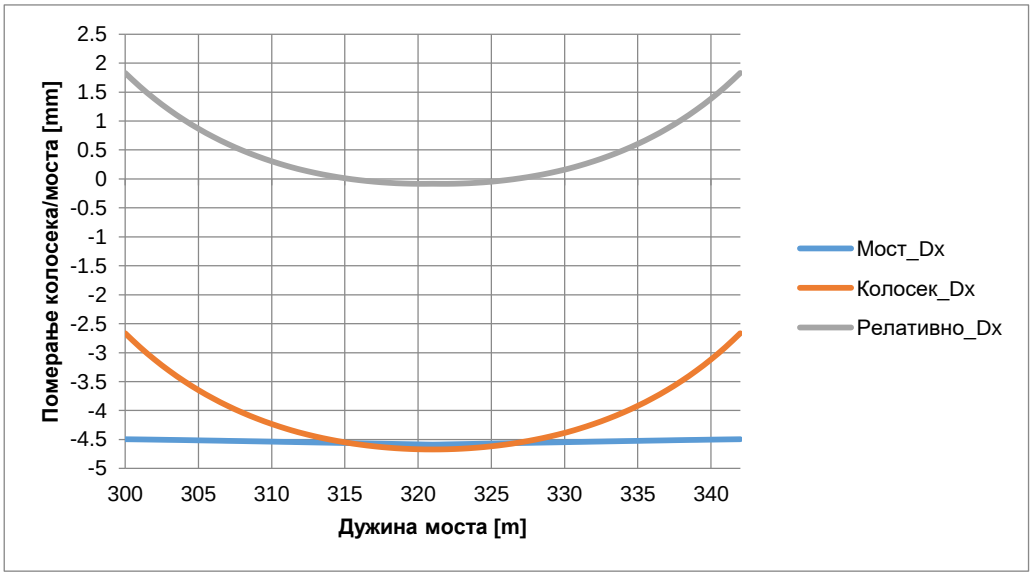
Леви/Десна конструкција моста



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **4,59 mm ≤ 5 mm**

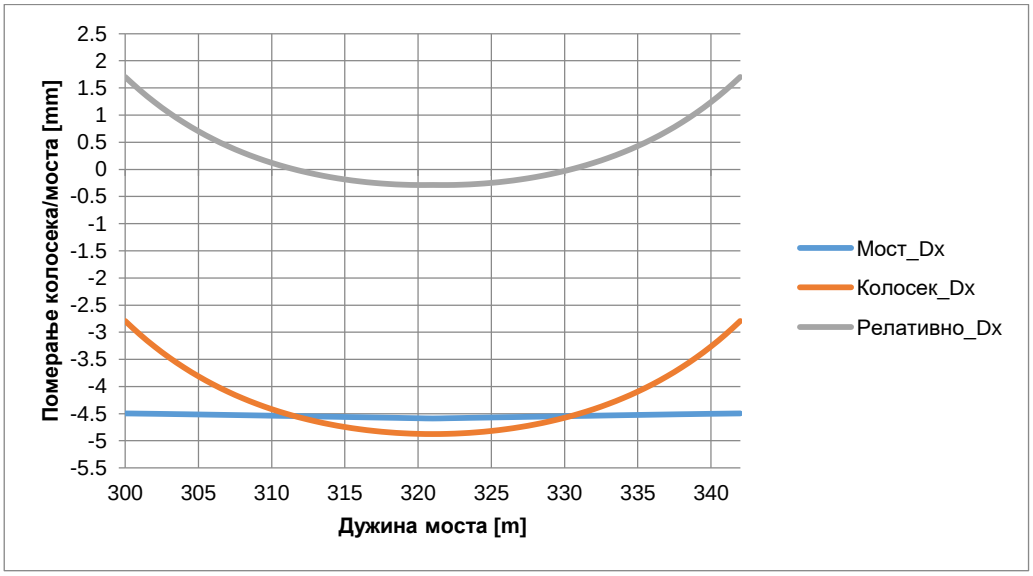
6) Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (кочење)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед кочења воза = **1,83 mm ≤ 4 mm**

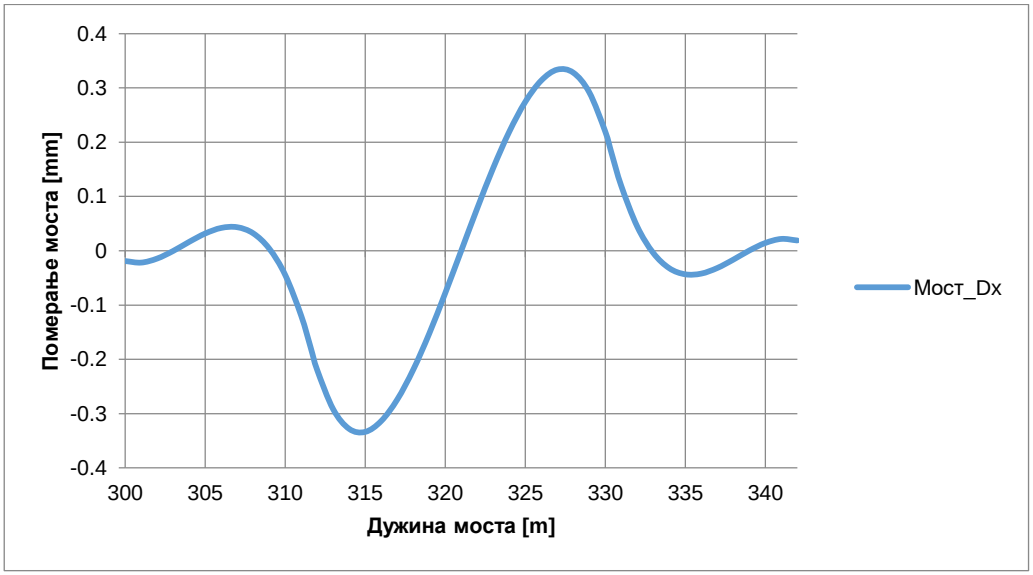
Десни колосек (убрзање)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања воза = **1,70 mm ≤ 4 mm**

7) Хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза

Лева/Десна конструкција моста



Максимално хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза = **0,02 mm < 8 mm**

1.2.1.6 Прорачун интеракције колосек - мост за зимске климатске услове

1) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста и континуално завареној шини

Леви колосек

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = +**14,96 MPa**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+14,96 MPa**

2) Напон у шини услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (кочење воза)

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+61,22 MPa**

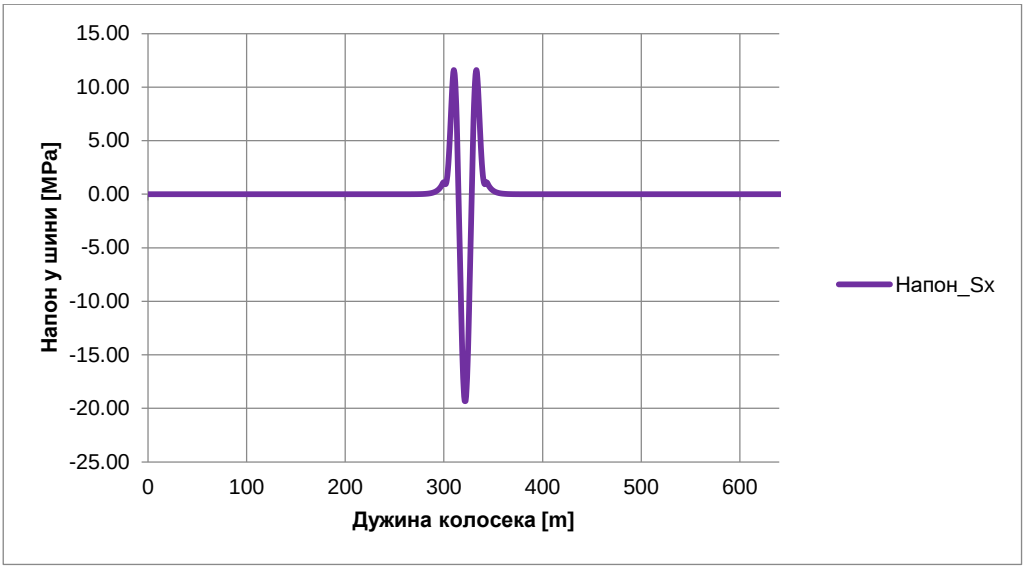
Десни колосек (убрзање воза)

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+62,47 MPa**

3) Напон у шини услед савијања у вертикалној равни од воза

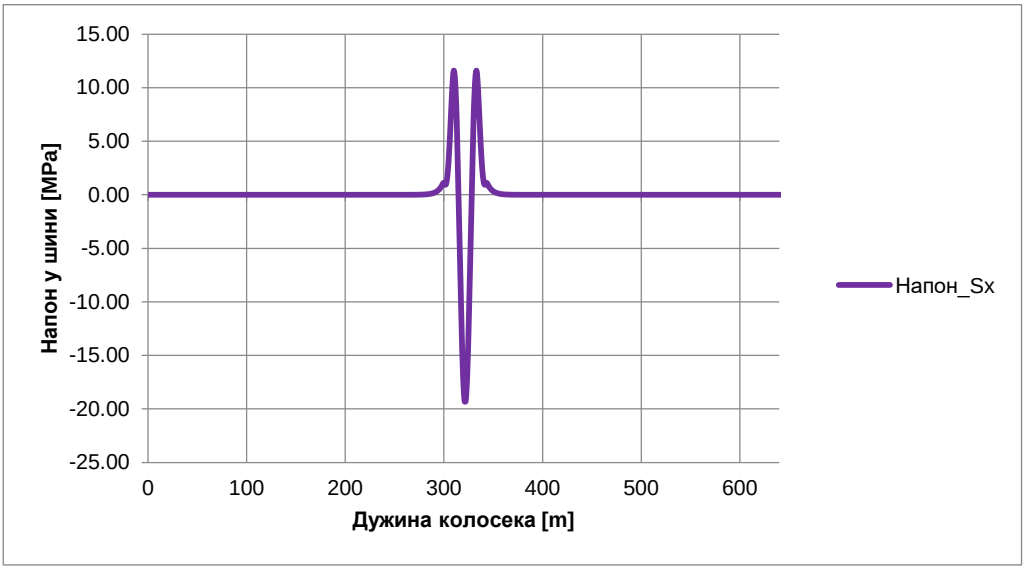
Леви колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+3,20 MPa**

Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+3,20 MPa**

4) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста, убрзање/кочења воза и савијања у вертикалној равни од воза

Леви колосек

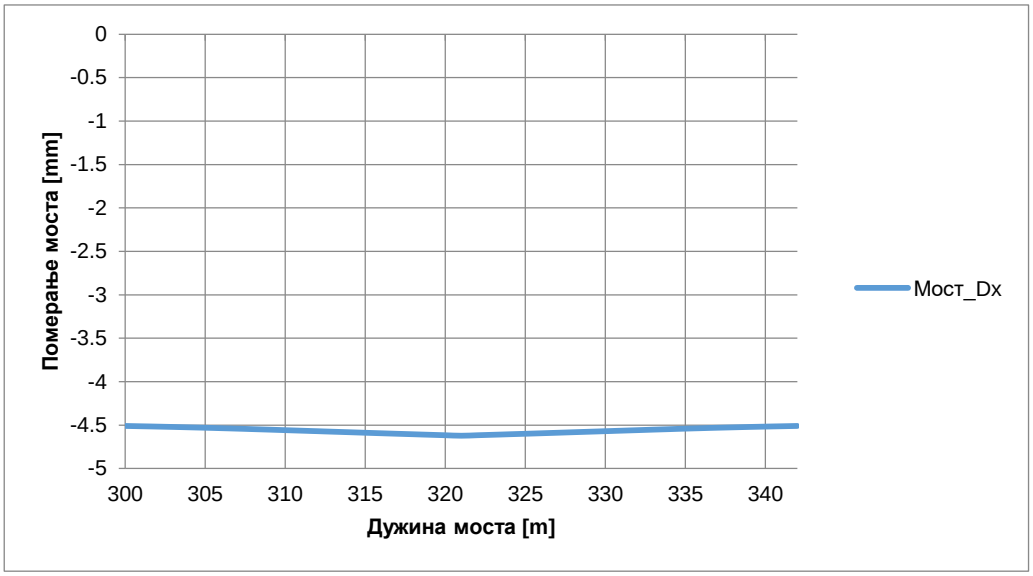
Максимални напон затезања у шини = **+14,96+61,22+3,20 = +79,38 MPa ≤ +92,00 MPa**

Десни колосек

Максимални напон затезања у шини **= +14,96+62,47+3,20 = +80,63 MPa ≤ +92,00 MPa**

5) Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

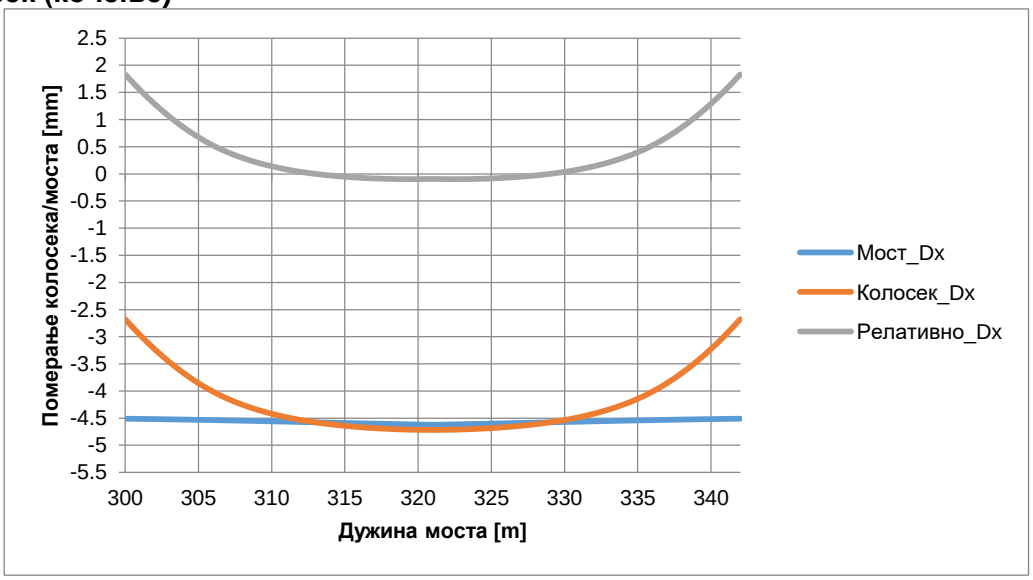
Лева/Десна конструкција моста



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **4,62 mm ≤ 5 mm**

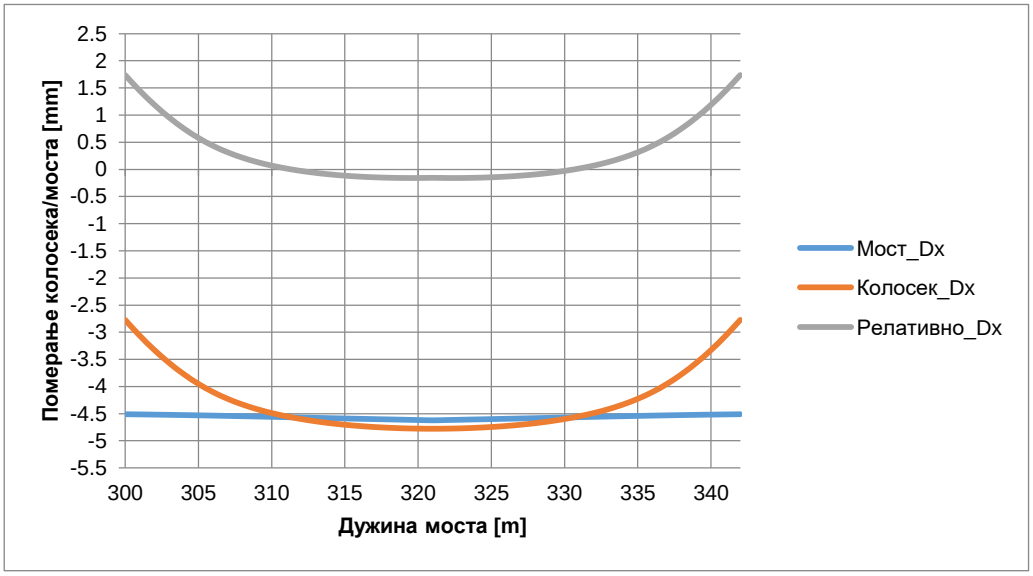
6) Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (кочење)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед кочења воза **= 1,83 mm ≤ 4 mm**

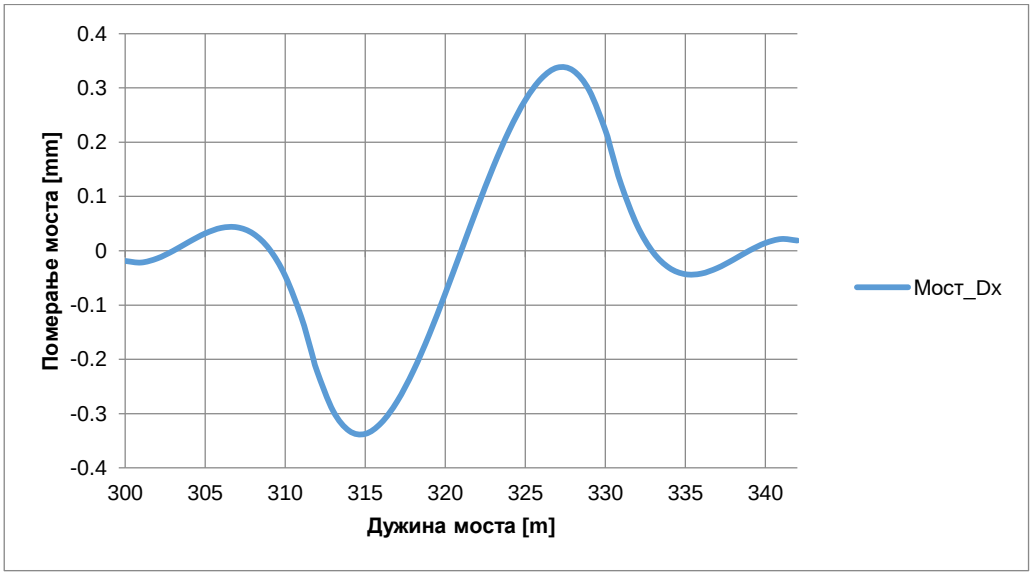
Десни колосек (убрзање)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања воза **= 1,74 mm ≤ 4 mm**

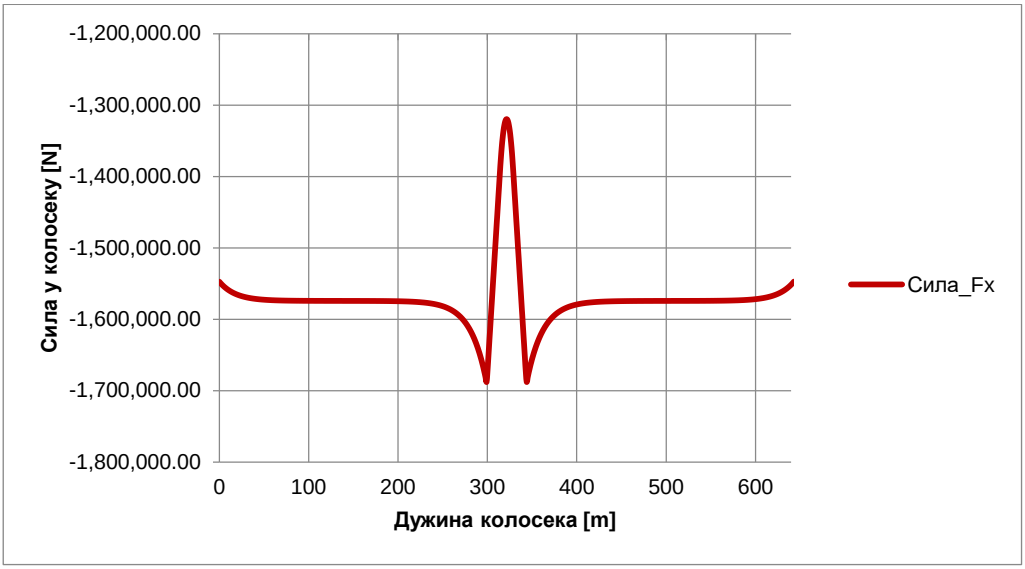
7) Хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза

Лева/Десна конструкција моста



Максимално хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева моста под вертикалним оптерећењем од воза = **0,02 mm < 8 mm**

1.2.1.7 Стабилност колосека у хоризонталној равни на мосту у летњим климатским условима

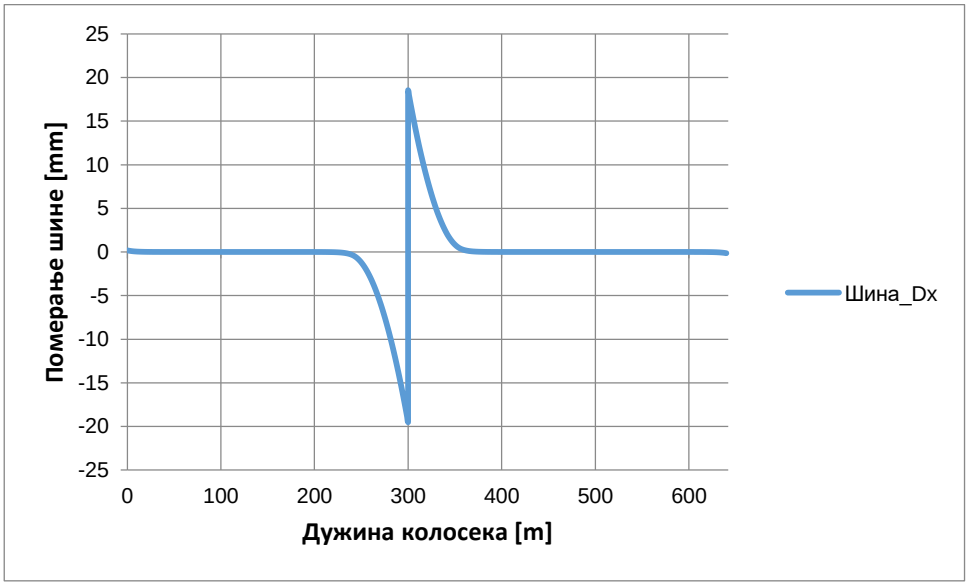


Максимална температурна сила притиска у колосеку на мосту у летњим климатским условима меродавна за прорачун стабилности колосека у хоризонталној равни = -1688070 N

Улазни параметри за прорачун стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту при екстремним летњим климатским условима су у складу са поглављима 1.2.1.1, 1.2.1.2 и 1.2.1.3 као и резултатима прорачуна интеракције колосек/мост.

Провера стабилности колосека у хоризонталној равни спроведена је за максималну вредност силе притиска у колосеку на мосту од -1688070 N.

1.2.1.8 Величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима



Максимална величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима = **38,06 mm.**

Срачунао:
Зоран Луковић,
дипл.грађ.инж.
линценца број 310 3032 03

CONTENT

1.1 Textual documentation

1.1.1 Technical report

1.1.1.1 Results of the calculation of the track-bridge interaction
1.1.1.2 Results of checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge
1.1.1.3 Results of checking the size of the rail gap on the bridge
1.1.1.4 Technical measures to ensure safety in case of derailment of the vehicle on the bridge

1.2 Numerical documentation

1.2.1 Static calculation

1.2.1.1 Input calculation parameters of the load
1.2.1.2 Input calculation parameters of the track
1.2.1.3 Input calculation parameters of the bridge
1.2.1.4 Calculation model of track-bridge interaction
1.2.1.5 Calculation of track-bridge interaction for summer climatic conditions
1.2.1.6 Calculation of track-bridge interaction for winter climatic conditions
1.2.1.7 Track stability in the horizontal plane on the bridge in summer climatic conditions
1.2.1.8 Size of the rail gap on the bridge in winter climatic conditions

1.1 Textual documentation

1.1.1 Technical report

The calculation of the track-bridge interaction for the purpose of arranging the railway superstructure on the bridge at km 77+807.99 was performed in accordance with the requirements of the Technical Specifications of Interoperability for Infrastructure Subsystem (INF TSI).

Input design load parameters are harmonized with: Technical Specifications of Interoperability for Infrastructure Subsystem, as well as Serbian standards SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

In this sense, considered the following load due to:

- relevant temperature changes in the axis of the bridge deck and continuously welded rails,
- vertical load of the vehicle in accordance with the load scheme LM 71, SW/0, SW/2.
- horizontal load due to acceleration and/or braking of the vehicle.

All input calculation data in accordance with the bridge structure, railway superstructure, as well as railway vehicles are shown in Chapters 1.2.1.1, 1.2.1.2 and 1.2.1.3. In accordance with design speed of 80 km/h, a static calculation of the track-bridge interaction was performed. The calculation was performed using an integral model of track and bridge structures, with consideration of:

- bridge parameters: bridge disposition (static system, span, expansion length), geometrical characteristics of the bridge superstructure, stiffness and arrangement of bearings,
- track parameters: rail cross-section and rail steel quality, resistance to longitudinal displacement of unloaded and loaded track, taking into account bilinear behavior,
- load parameters: temperature change in the bridge superstructure, temperature changes in the continuously welded rails, acceleration/braking of vehicles, displacement and rotation of the ends of the bridge superstructure due to traffic load.

The connection between the track and the bridge superstructure was modeled using elastic connections with bilinear behavior. The horizontal stiffness of the supporting elements is defined in the model based on UIC 774-3 recommendations and standard SRPS EN 1991-2. In this way, the influences in the rails are obtained, which are relevant for comparison with the allowed additional stresses, proving the stability of the track in the horizontal plane for maximum summer temperatures, as well as gap size due to rail cracking for maximum winter temperatures. The calculation model takes into account the track with continuously welded rails at the length of the bridge and 300 m before and after the bridge, which corresponds to the maximum influential braking length of the vehicle. The layout of the calculation model is shown in Figures 9-11. A detailed description of the model characteristics is presented in Chapter 1.2.1.4.

1.1.1.1 Results of the calculation of the track-bridge interaction

Horizontal reactions on one (out of a total of nine on the one structure of the bridge) fix bridge bearing on one (out of a total of two) middle pier due to the track-bridge interaction:

Left/Right bridge structure:

Type of load	**Summer climatic conditions**	**Winter climatic conditions**
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	**±89,96 kN**	**±89,68 kN**
Acceleration + Braking of train	**+43,18 kN**	**+31,39 kN**
Vertical load of train	**±10,96 kN**	**±10,98 kN**
Note 1: The positive direction of the reaction corresponds to the direction of growth of the chainage. Note 2: The combined effect of temperature force, acceleration + braking force and the corresponding vertical load from the train is taken to dimensioning the bridge bearings and piers.		

Maximum additional compressive and tensile stresses in continuously welded rails:

Left/Right bridge structure:

Type of load	**Left track**	**Right track**
Summer climatic conditions		
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	-8,17 MPa	-8,17 MPa
Acceleration of train/ Braking of train	-51,10 MPa	-53,40 MPa
Vertical load from the train	0,00 MPa	0,00 MPa
Total additional compressive stresses in the relevant sections of the continuously welded rail	**-59,27 MPa ≤ -62 MPa**	**-61,57 MPa ≤ -62 MPa**
Winter climatic conditions		
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	+14,96 MPa	+14,96 MPa
Acceleration of train/ Braking of train	+61,22 MPa	+62,47 MPa
Vertical load from the train	+3,20 MPa	+3,20 MPa
Total additional tensile stresses in the relevant sections of the continuously welded rail	**+79,38 MPa ≤ +92 MPa**	**+80,63 MPa ≤ +92 MPa**
Note 1: Pressure stresses with sign (-), tensile stresses with sign (+)		

Maximum absolute and relative displacements of the track and the bridge superstructure:

Left/Right bridge structure:

Type of displacement	**Summer climatic conditions**	**Winter climatic conditions**
Absolute horizontal displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**4,59 mm ≤ 5 mm**	**4,62 mm ≤ 5 mm**
Relative horizontal displacement between the rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**1,83 mm ≤ 4 mm (braking)** **1,70 mm ≤ 4 mm (acceleration)**	**1,83 mm ≤ 4 mm (braking)** **1,74 mm ≤ 4 mm (acceleration)**
Horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train	**0,02 mm ≤ 8mm**	**0,02 mm ≤ 8mm**

1.1.1.2 Results of checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge

Input parameters for checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge at extreme summer temperatures in the rails and the bridge superstructure were adopted in accordance with Chapter 1.2.1.7 and based on the results of the calculation of the track-bridge interaction.

Checking the stability of the track in the horizontal plane was carried out for the maximum value of the pressure force in the track on the bridge -1688070 N.

1.1.1.3 Results of checking the size of the rail gap on the bridge

The calculation was performed under the assumption that the maximum longitudinal resistance during elastic displacement of the rail through the system of elastic rail fastening is 30 kN/m, which corresponds to the force of longitudinal resistance 9 kN.

The calculated value of the rail gap in winter conditions is approximately 38,06 mm.

1.1.1.4 Technical measures to ensure safety in case of derailment of the vehicle on the bridge

- The guard rails, to keep trains on the track in the event of derailment, must be installed, as they can provide safety at speeds up to 160 km/h. The role of the guard rails is to keep the vehicle on track if it derailment on the bridge. In that way, the structure of the bridge is protected from damage and other negative consequences of derailment are reduced (for example. the vehicle fell off the bridge after derailment). Guard rails are mounted on sleepers with a flat upper surface. Guard rails are extended by 10 m to the embankments before and after the bridge and are connected in the middle of the track. It is necessary to ensure that the curb upper edge of the concrete bridge deck is 25 cm above the upper edge of the sleeper.

1.2 Numerical documentation

1.2.1 Static calculation

1.2.1.1 Input calculation parameters of the load

Input calculation parameters of load are harmonized with: Technical specifications of interoperability for subsystem of infrastructure, as well as Serbian standards SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

Temperature:

- temperature change in continuously welded rails in summer climatic conditions: +42,5 K,
- temperature change in continuously welded rails in winter climatic conditions: -52,5 K,
- temperature change in the bridge superstructure in summer climatic conditions: +35 K,
- temperature change in the bridge superstructure in winter climatic conditions: -35 K.

Vertical load from the train:

- LM71

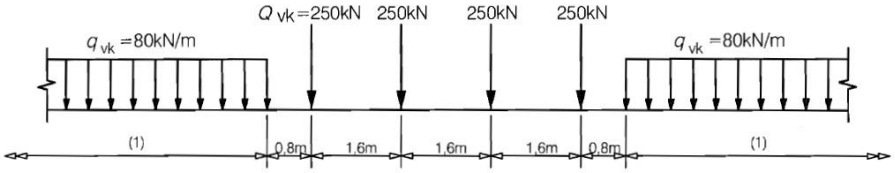
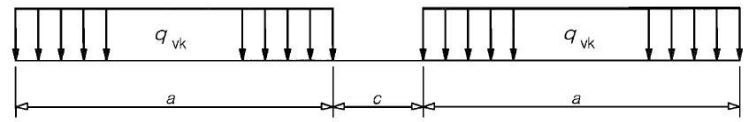


Fig. 2: Load model LM71 (α=1,21)

- SW/0, SW/2



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 3: Load model SW/0, SW/2 (α=1,21 for SW/0)

Horizontal load from train acceleration/braking LM71, SW/0, SW/2:

- train acceleration force 33 kN/m (≤1000 kN) for LM71, SW/0, SW/2 (α=1,21 for LM71, SW/0),
- train braking force 20 kN/m (≤6000 kN) for LM71, SW/0 (α=1,21),
- train braking force 35 kN/m for SW/2.

1.2.1.2 Input calculation parameters of the track

The input calculation parameters of the track are harmonized with: Serbian standards SRPS EN 13146-1, SRPS EN 13230 - parts 1 and 2, SRPS EN 13231, SRPS EN 13450, SRPS EN 13481 - parts 1 and 2, SRPS EN 13674-1, SRPS EN 1991-2, Law on the Safety of Railway Transport and Interoperability, as well as the Rulebook on Technical Conditions and Maintenance of the Railway Superstructure.

Rail

- rail cross-section 60E1 (tensile strength of steel 900 N/mm2) in accordance with SRPS EN 13674-1 on main tracks, as well as on side tracks on bridge and 50 m in front and behind of bridge,
- Young's modulus of elasticity of rail steel E=210 GPa,
- permissible additional tensile stress in rail foot 92 MPa for curved track R = 390 m and lateral track displacement resistance of 16.66 kN/m,
- permissible additional pressure stress in rail 62 MPa for curved track R = 390 m and lateral track displacement resistance of 16.66 kN/m,
- Since UIC 774-3 and SRPS EN 1991-2 do not prescribe the reduction of permissible values of additional stresses in the rails when the track is in a curve R <1500 m, the permissible additional stresses in the rails are determined taking into account the size of the radius of curvature and the value of the resistance to lateral displacement of the track in the curve,
- thermal expansion coefficient of rail steel $\alpha=1{,}15 \times 10^{-5}$ 1/K.

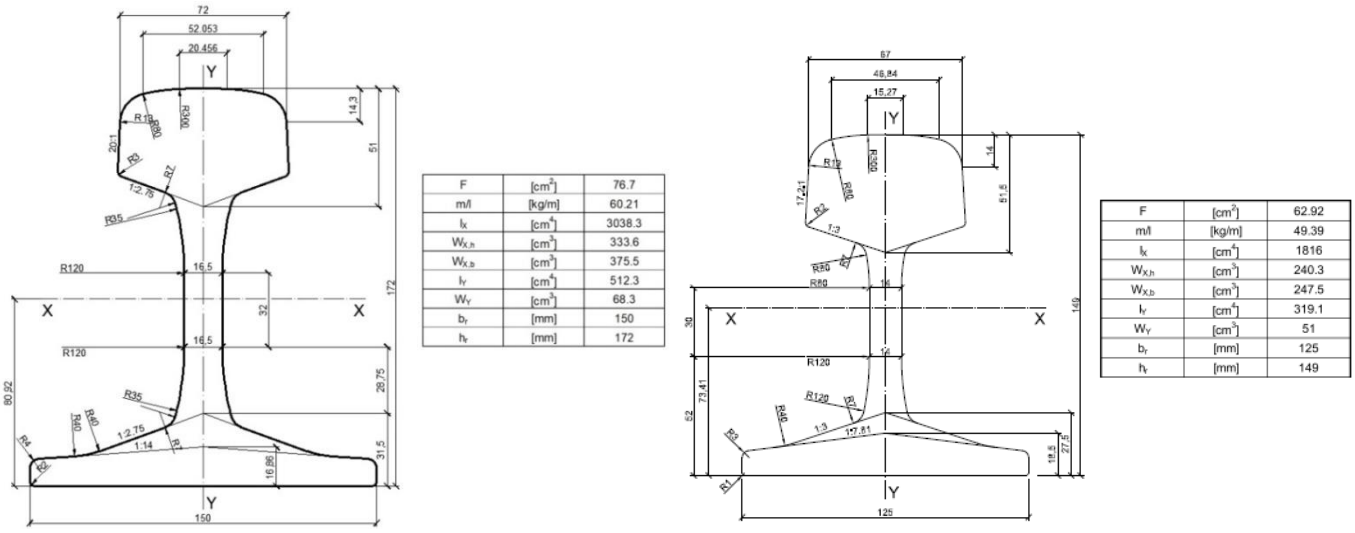


Fig. 4: Rail cross-section 60E1 and 49E1 with geometric characteristics

Note: Due to exceeding the permissible values of additional stresses in the rails 49E1, the replacement type of rail 49E1 to the type of rail 60E1 on the side tracks on the bridge as well as in the zones 50 m in front of and behind the bridge is conducted.

Elastic rail fastening systems

For concrete sleepers in accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13481 - parts 1 and 2 and SRPS EN 13146-1.

- minimum longitudinal resistance to rail displacement ≥ 7 kN (calculated with 9 kN) in accordance with SRPS EN 13674-1.

Mono block prestressed concrete sleepers with a flat top surface

In accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13481-2 and SRPS EN 13230 - parts 1 and 2.

- minimum sleeper mass 281 kg without rail fastening,
- sleeper length 260 cm,
- longitudinal axial distance between sleepers 60 cm,
- minimum active backing surface of sleeper on ballast 0,57 m^2.

Lateral track stability

- required minimum value of lateral track resistance of 16.66 kN/m on the bridge and in zones of 50 m in front of and behind the bridge.

Ballast prism of gravel

In accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13450 with the dimensions of the ballast prism according to SRPS EN 13231.

- the minimum thickness of the ballast prism on the bridge below the lower edge of the sleeper in the cross-section below the rail 35 cm,
- width of the shoulder part of the ballast prism on the concrete deck of the bridge > 50 cm,
- resistance of the ballast prism to the longitudinal displacement of the unloaded track k=20 kN/m in accordance with SRPS EN 1991-2,
- resistance of the ballast prism to the longitudinal displacement of the loaded track k=60 kN/m in accordance with SRPS EN 1991-2.

1.2.1.3 Input calculation parameters of the bridge

The input design parameters of the bridge are defined in accordance with the characteristics of the bridge structure.

- the bridge is a continuous girder static system with spans 11.60 m + 18.85 m + 11.60 m,
- the bridge superstructure consists of two mutually dilated composite bridge structures,
- steel I profiles are constructed from steel grade S355,
- concrete deck is made of concrete class C35/45,
- the support of bridge superstructure is done over 52 bearings, 8 on each abutment, and 18 on each middle pier,

- the required minimum longitudinal (horizontal) stiffness of the supports of bridge superstructure due to acceleration/braking train is ≥ 250000 kN/m,
- the expansion length of the bridge is L_T=21.03 m,
- bridge is straight,
- on the bridge there are a four track of railway in curve approximately R=390 m designed for speed V_p=80 km/h,
- the maximum permissible longitudinal relative displacement between the continuously welded rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train is ≤ 4 mm,
- the maximum permissible longitudinal absolute displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train is ≤ 5 mm,
- the maximum permissible longitudinal displacement of the bridge superstructure due to the rotation of the ends of the bridge superstructure under the vertical load from the train is ≤ 8 mm.

Longitudinal section

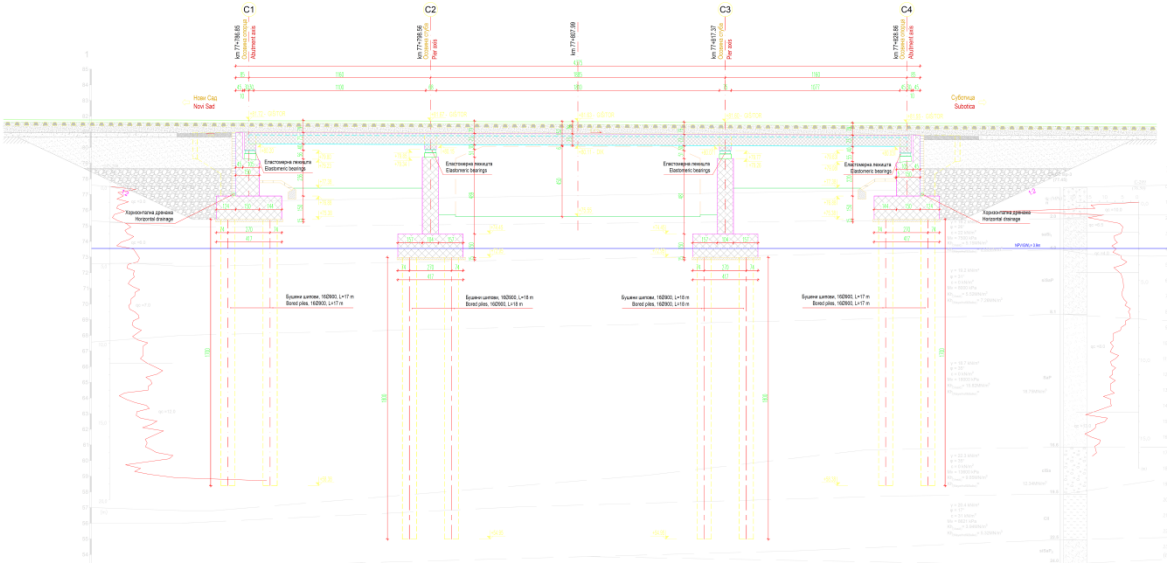


Fig. 5: Longitudinal section of the bridge on km 77+807.99

Cross-section

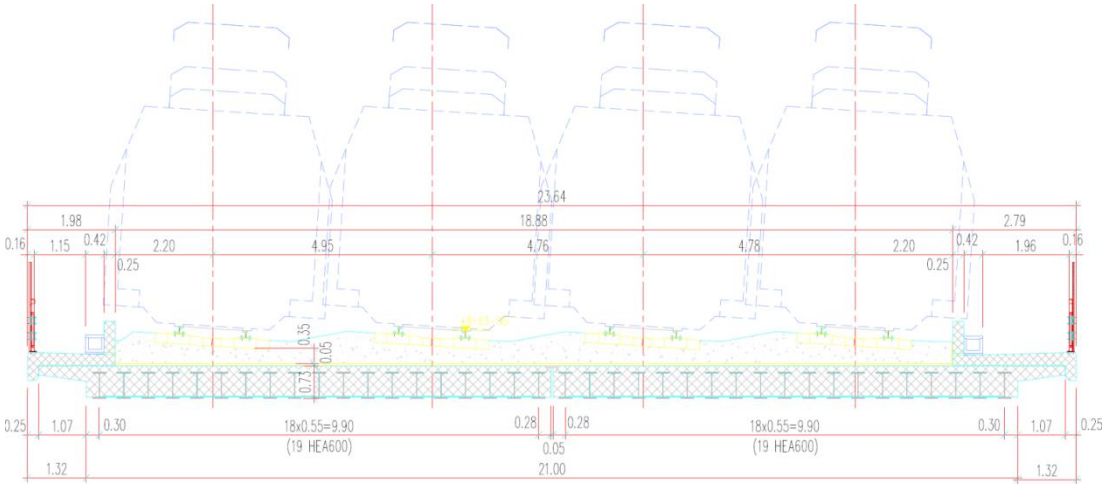


Fig. 6: Cross-section of the bridge on km 77+807.99

Bearing scheme

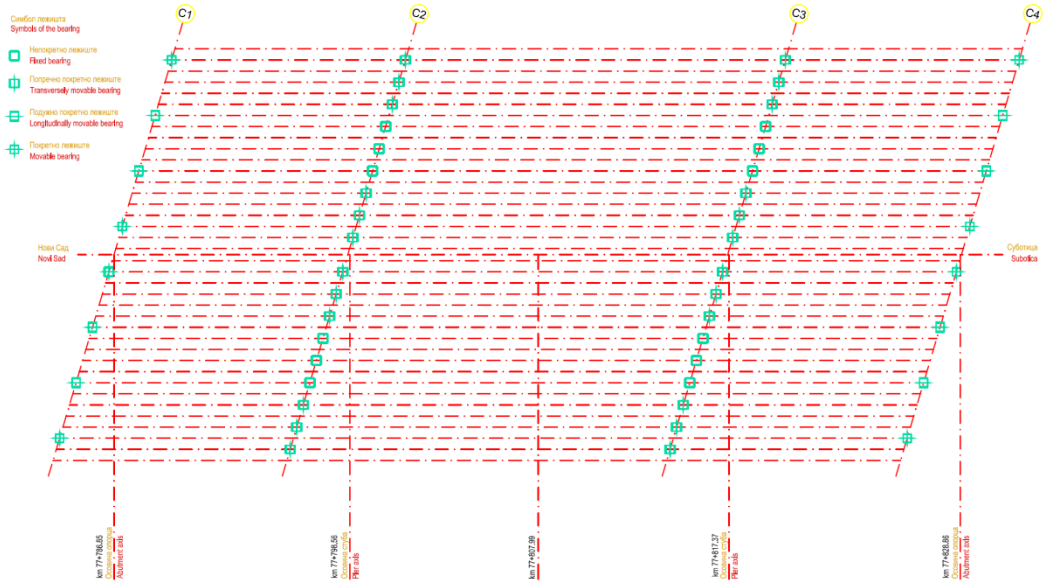
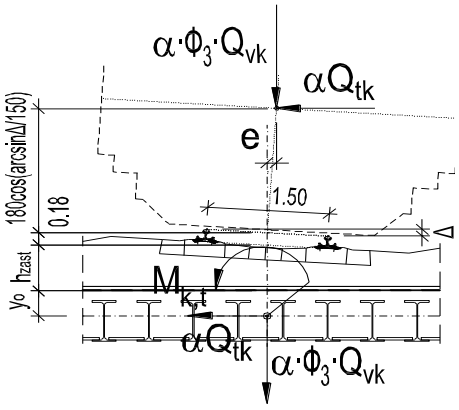


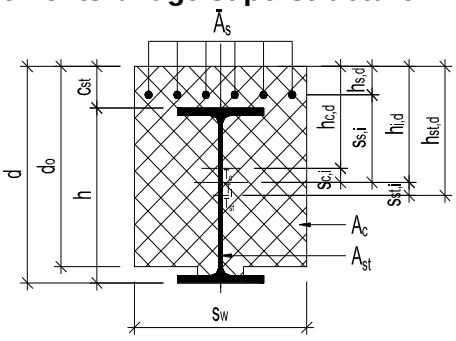
Fig. 7: Bearing scheme of bridge on km 77+807.99



R= 390 m v= 80 km/h Δ= 11.5 cm h_{zast}= 60 cm

	$Q_{v,1}$ [kN]	Φ_3	$\alpha\cdot\Phi_3\cdot Q_{v,1}$ [kN]	e [m]	$M_{v,t}$ [kNm]	$\alpha\cdot Q_{tk}$ [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]
LM71	250	1.261	381.5	0.138	-52.6	39.09	0.36	2.93	114.7
/m'	80	1.261	122.1	0.138	-16.8	12.51	0.36	2.93	36.7
SW/0 /m'	133	1.261	203.0	0.138	-28.0	20.79	0.36	2.93	61.0
	Q_{vk} [kN]	Φ_3	$Q_{v,1}$ [kN]	e [m]	$M_{v,t}$ [kNm]	Q_{tk} [kN]	y_0 [m]	e_{tk} [m]	$M_{tk,t}$ [kNm]
SW/2 /m'	150	-	150.0	0.138	-20.7	19.38	0.36	2.93	56.9

Geometrical characteristics of elements bridge superstructure



set	d [cm]	A_{st} [cm^2]	$I_{t,st}$ [cm^4]	I_{st} [cm^4]	h [cm]	$h_{st,d}$ [cm]	d_o [cm]	s_w [cm]	A_c [cm^2]	I_c [cm^4]	c_{st} [cm]	$h_{c,d}$ [cm]	$\bar{A}_s$ [cm^2]	$h_{s,d}$ [cm]
1	73	226	352	141208	59	43,5	67,5	55	3581	1379674	14	34,1	0	0
2	73	226	352	141208	59	43,5	67,5	55	3581	1379674	14	34,1	29,46	7,95

	Kratkotrajna opterećenja			n_i= 6		
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	823	36,38	-7,12	2,25	0,00	385643
2	852	35,51	-7,99	1,39	27,56	387506

	Dugotrajna opterećenja			n_v= 18		
set	A_i [cm^2]	$h_{i,d}^0$ [cm]	$s_{st,i}$ [cm]	$s_{c,i}$ [cm]	$s_{s,i}$ [cm]	I_i [cm^4]
1	425	38,98	-4,52	4,85	0,00	227160
2	454	37,02	-6,48	2,89	29,07	229891

Material characteristics of the elements bridge superstructure

Steel I profile are of steel grade S355 with the following characteristics:

Steel grade S355:

- E=2,1x10^8 kN/m^2
- v=0,3
- α=1,2x10^{-5} 1/C
- ρ=76,98 kN/m^3

Concrete deck is made of concrete class C35/45 with the following characteristics:

Concrete class C35/45:

- E= 3,4077x10^7 kN/m^2
- v=0,2
- α=1,0x10^{-5} 1/C
- ρ=23,54 kN/m^3

Steel reinforcement in the concrete is grade B500B:

Steel reinforcement grade B500B:

- E=2,1x10^8 kN/m^2
- v=0,3
- α=1,2x10^{-5} 1/C
- ρ=76,98 kN/m^3

1.2.1.4 Calculation model of track-bridge interaction

Based on the calculation of the track-bridge interaction, the influences are obtained in the following form:

- longitudinal forces in supports (reactions of fixed supports),
- additional stresses in rails,
- absolute and relative displacements of the rails and the bridge superstructure.

Influences due to interaction are determined iteratively, by a series of nonlinear simulations, in order to determine the behavior of the track-bridge system, due to temperature changes in the bridge superstructure, vertical load from the train and longitudinal forces due to train acceleration/braking.

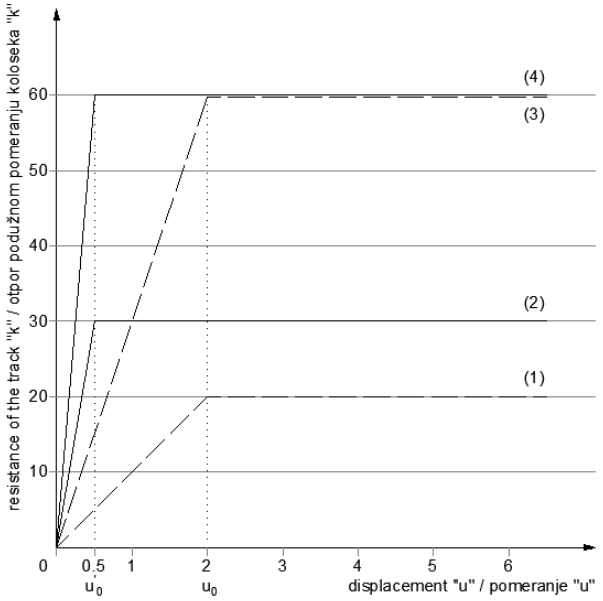
The calculation of the track-bridge interaction is carried out using an integral model of track and bridge structure taking into account:

- bridge parameters: bridge disposition (static system, spans, expansion lengths), geometrical characteristics of the bridge superstructure, stiffness of structure and arrangement of supports,
- track parameters: rail cross-section and rail steel quality, resistance to longitudinal displacement of loaded and unloaded track, taking into account the bilinear behavior of the track-bridge connection,

- load parameters: temperature changes in the bridge superstructure and rails, acceleration and braking of the train, displacement and rotating the ends of the bridge super structure due to traffic load.

The connection between the track elements and the bridge superstructure elements was modeled by means of elastic connections with bilinear behavior in accordance with the Serbian standard SRPS EN 1991-2 (Figure 8).

In the model adopted horizontal stiffness of the fixed support, which corresponds to the real displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking the train. In this way, the influences in the rails are obtained, which are relevant for the analysis of the allowed additional stresses and track stability in the horizontal plane at maximum summer temperature, as well as the size of the gap when the rail cracks at maximum winter temperature. The calculation model takes into account the track with continuously welded rails at a length of 300 m in before and after the bridge, which corresponds to the maximum influential length of train braking.



(1) - resistance of sleeper in ballast (unloaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (neopterećen kolosek)

(2) - resistance of rail in sleeper (unloaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (neopterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

(3) - resistance of sleeper in ballast (loaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (opterećen kolosek)

(4) - resistance of rail in sleeper (loaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (opterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

u'_0 - ultimate relative displacement of the rail to the sleeper
granično relativno pomeranje šine u odnosu na prag

u_0 - ultimative relative displacement of the sleeper in the ballast
granično relativno pomeranje praga u odnosu na zastor

Note: / Napomena:
rail profile 60E1, concrete sleepers B70 at a distance of 60 cm and longitudinal resistance of the rail in the track 2x9 kN, minimum thickness of the compacted ballast below the sleeper is 30 cm.
šine 60E1, betonski pragovi B70 na razmaku 60 cm i podužni otpor šina u koloseku 2x9 kN, minimalna debljina zbijenog zastora ispod praga 30 cm.

Fig. 8: Longitudinal displacement resistance of track/rail

View of calculation model

Left/Right bridge structure

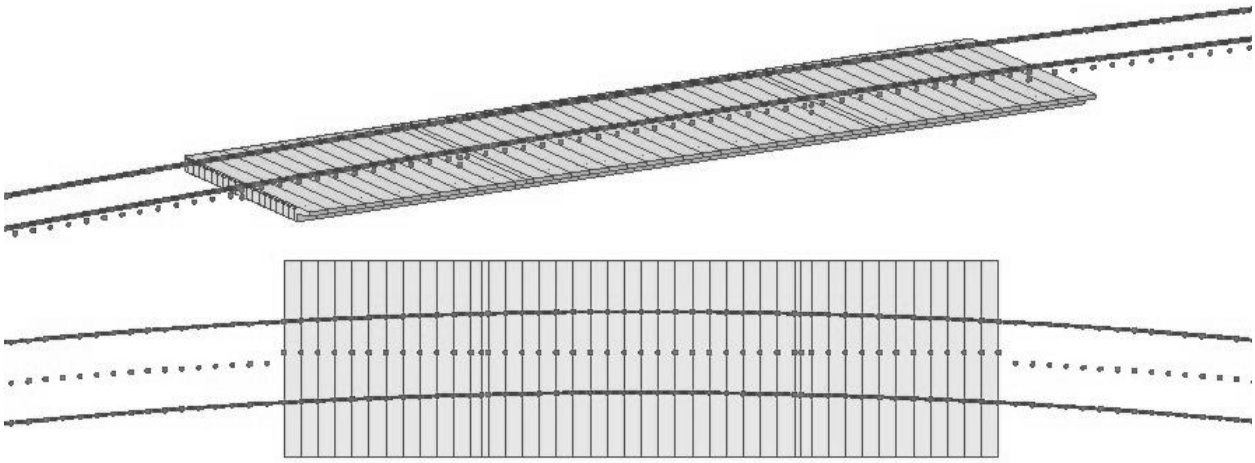


Fig. 9: View of calculation model in curve

Longitudinal section of the calculation model

Left/Right bridge structure

Fig. 10: Longitudinal section of the calculation model

Cross-section of calculation model

Left/Right bridge structure

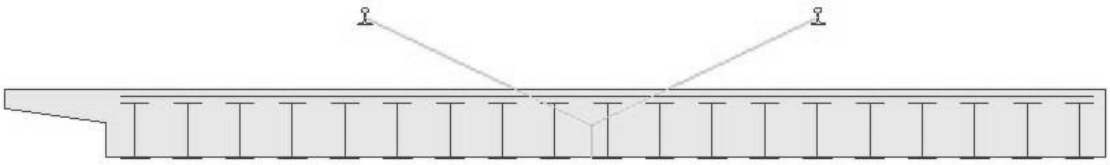
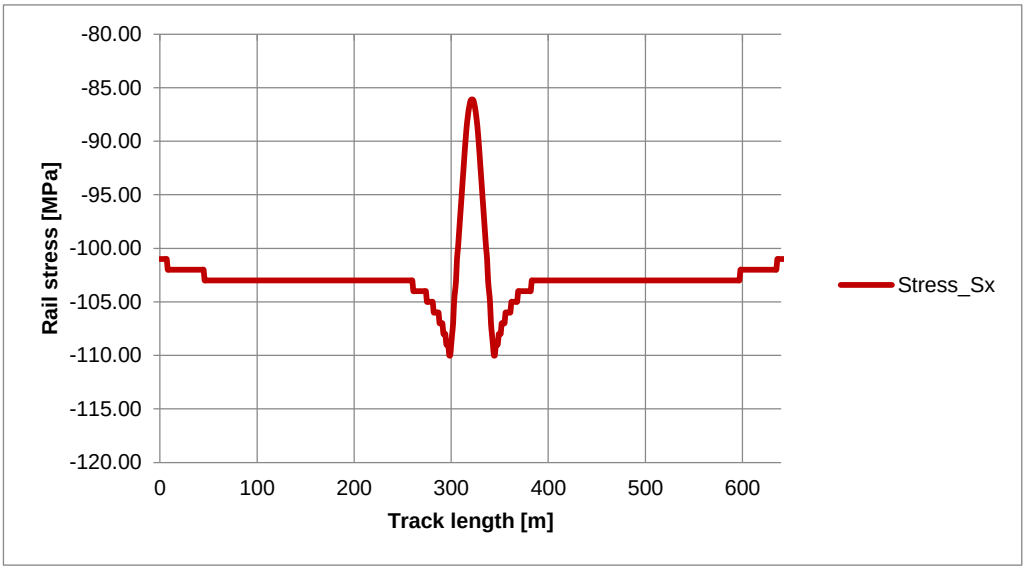


Fig. 11: Cross-section of the calculation model with elastic connections with bilinear behavior between the track and the bridge superstructure

1.2.1.5 Calculation of track-bridge interaction for summer climatic conditions

1) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure and continuously welded rails

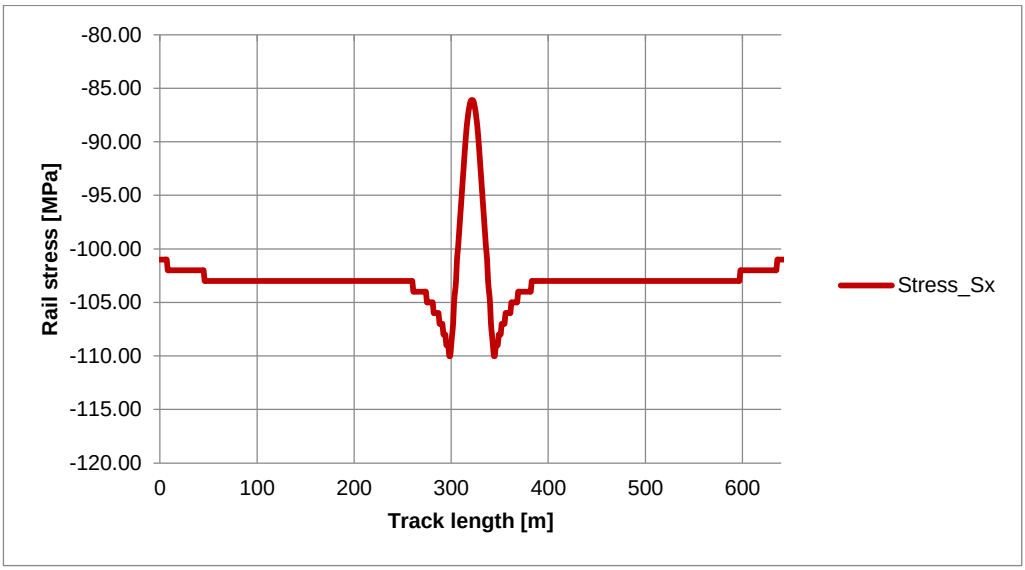
Left track



Maximum pressure stress in rail = **-8,17 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

Right track

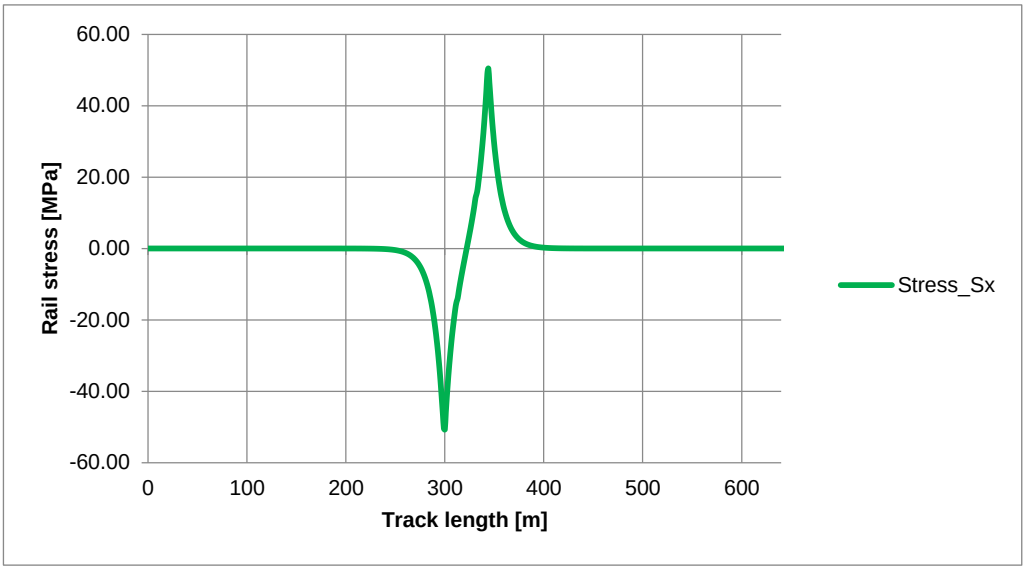


Maximum pressure stress in rail = **-8,17 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

2) Rail stress due to train acceleration/braking

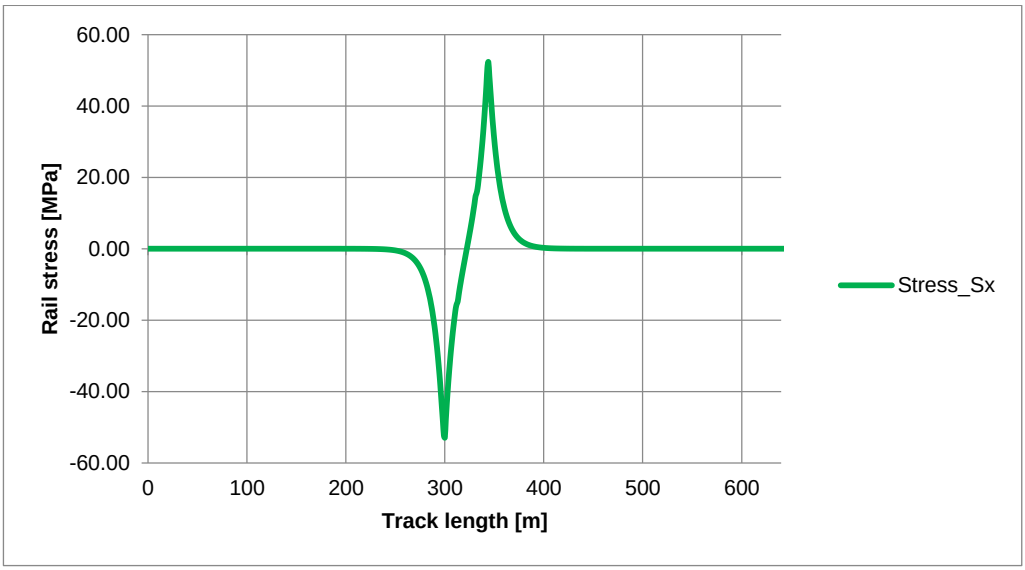
Left track (train braking)



Maximum pressure stress in rail = **-51,10 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

Right track (train acceleration)

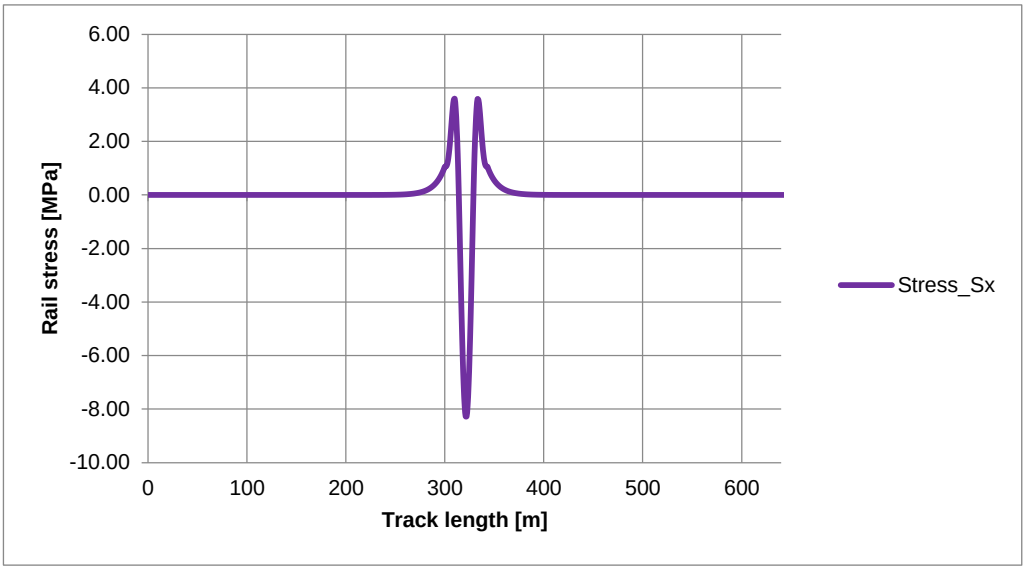


Maximum pressure stress in rail = **-53,40 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

3) Rail stress due to vertical bending under train

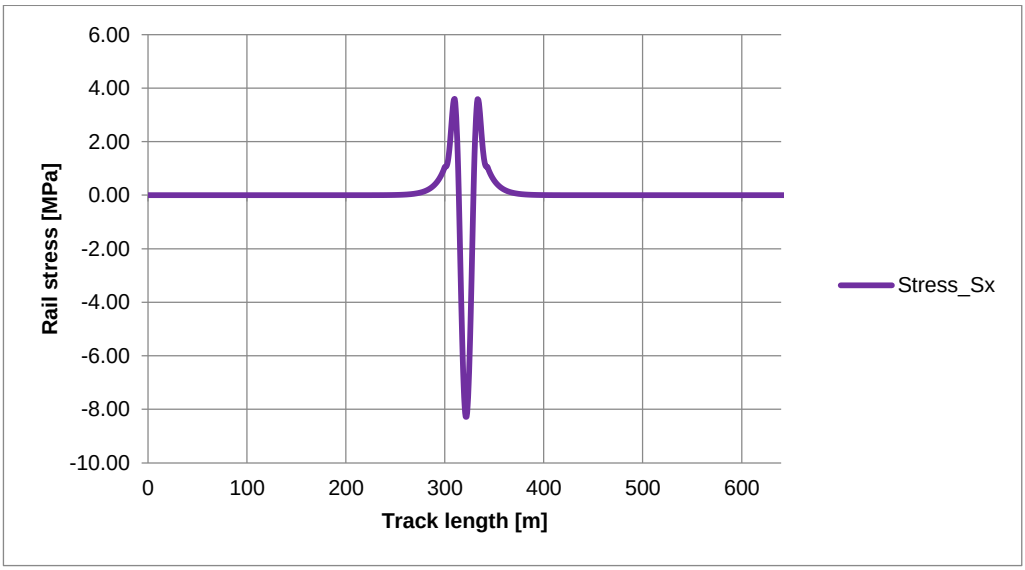
Left track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+1,43 MPa**

Right track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+1,43 MPa**

4) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure, train acceleration/braking and vertical bending under train

Left track

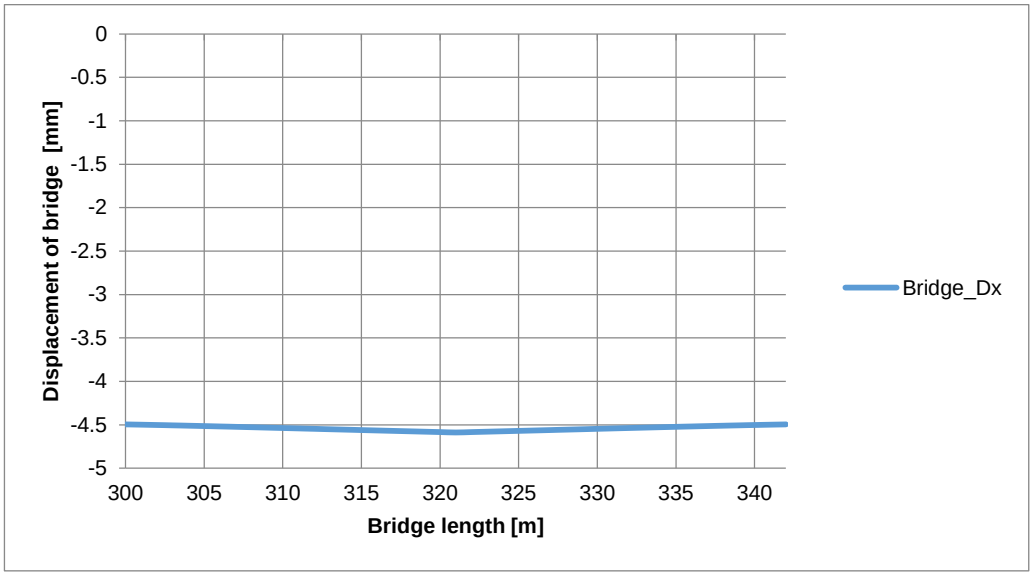
Maximum pressure stress in rail = **-8,17-51,10-0,00 = -59,27 MPa ≤ -62,00 MPa**

Right track

Maximum pressure stress in rail = **-8,17-53,40-0,00 = -61,57 MPa ≤ -62,00 MPa**

5) Absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

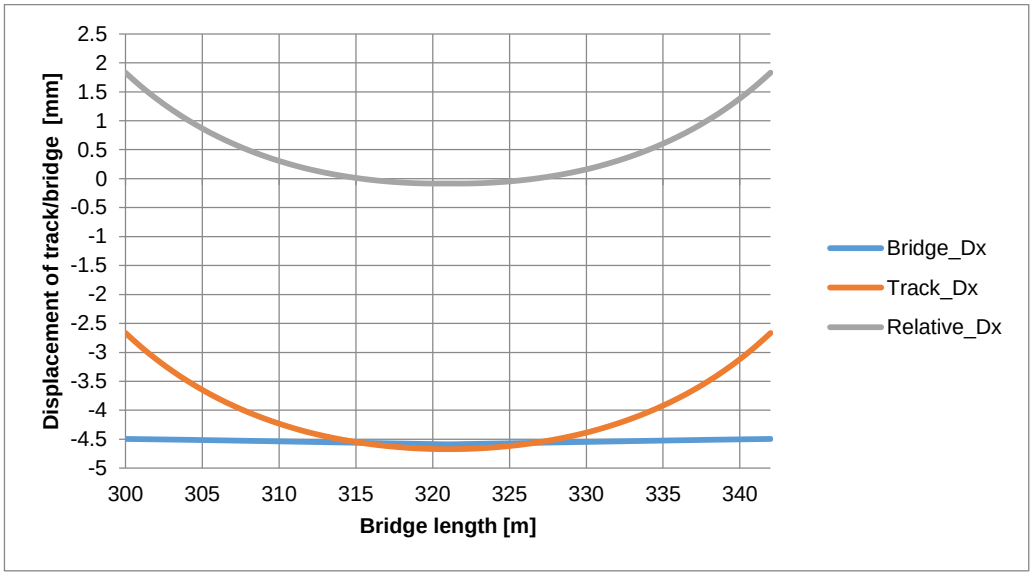
Left/Right bridge structure



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **4,59 mm ≤ 5 mm**

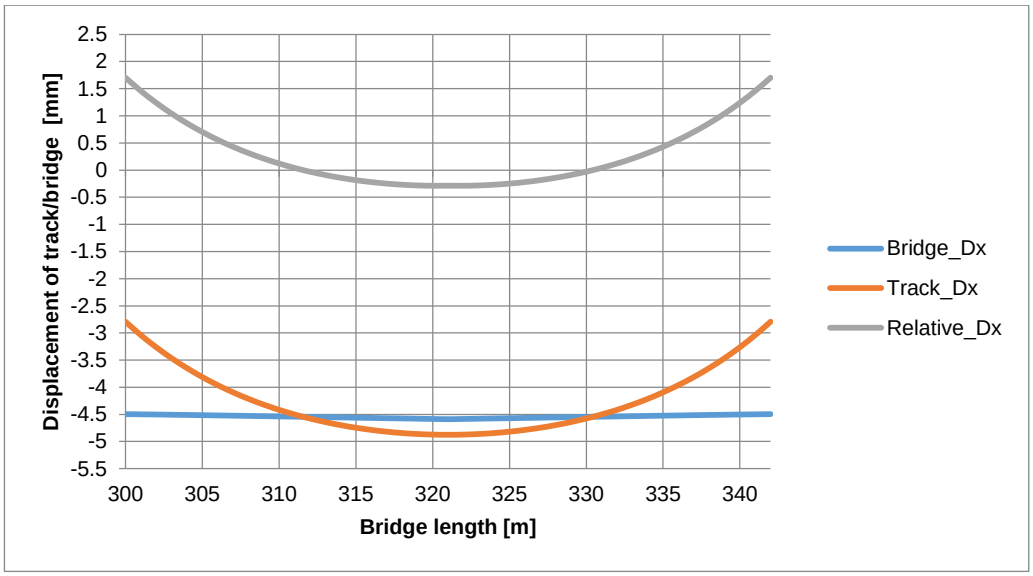
6) Relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track (train braking)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to braking of the train = **1,83 mm ≤ 4 mm**

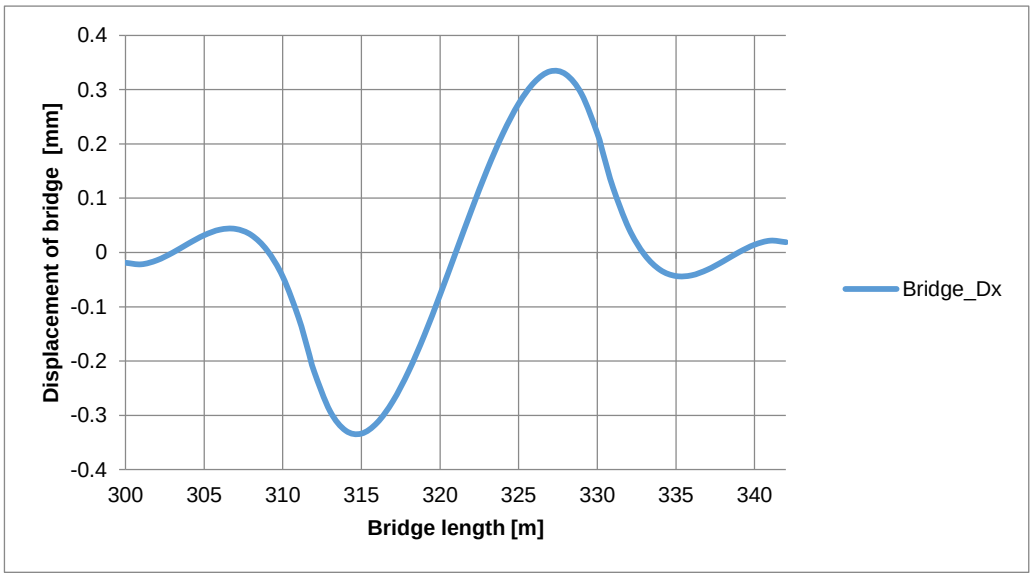
Right track (train acceleration)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration of the train = **1,70 mm ≤ 4 mm**

7) Horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train

Left/Right bridge structure

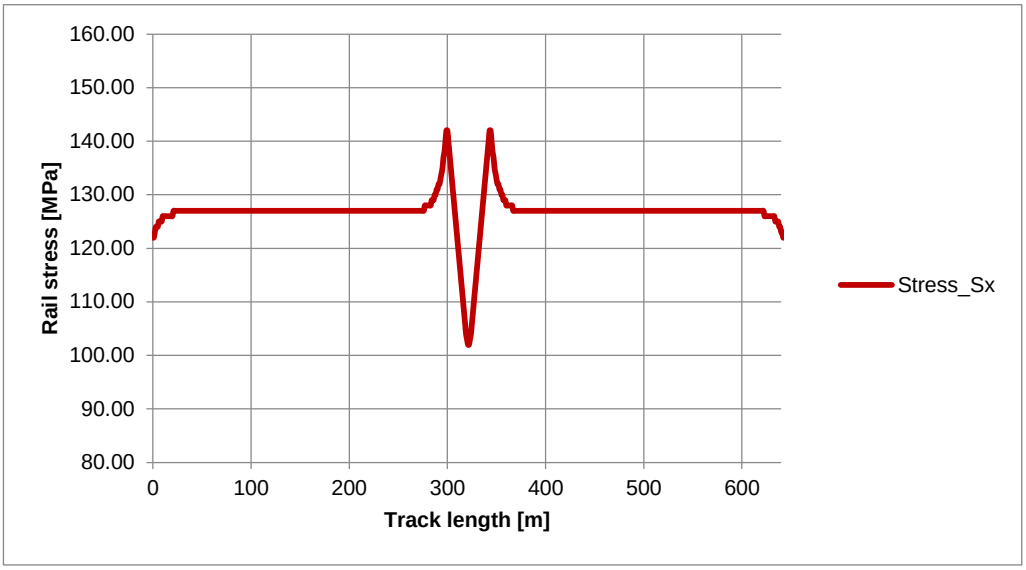


Maximum horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train = **0,02 mm < 8 mm**

1.2.1.6 Calculation of track-bridge interaction for winter climatic conditions

1) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure and continuously welded rails

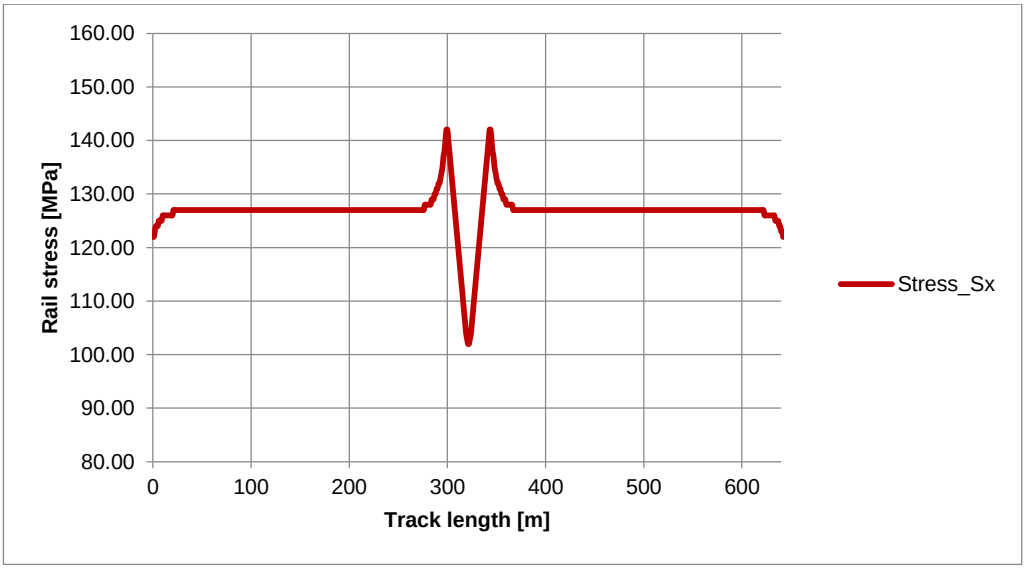
Left track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+14,96 MPa**

Right track

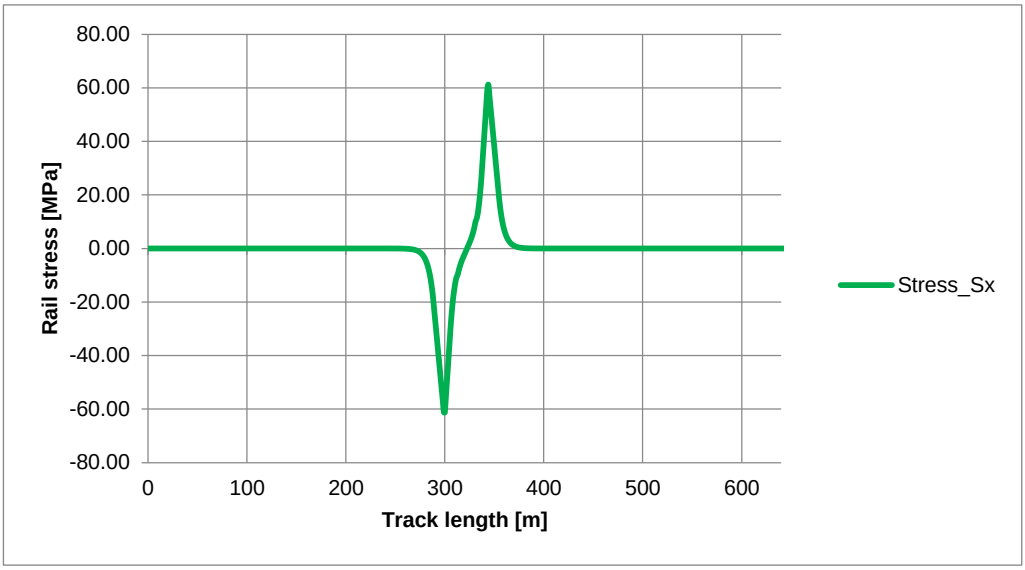


Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+14,96 MPa**

2) Rail stress due to train acceleration/braking

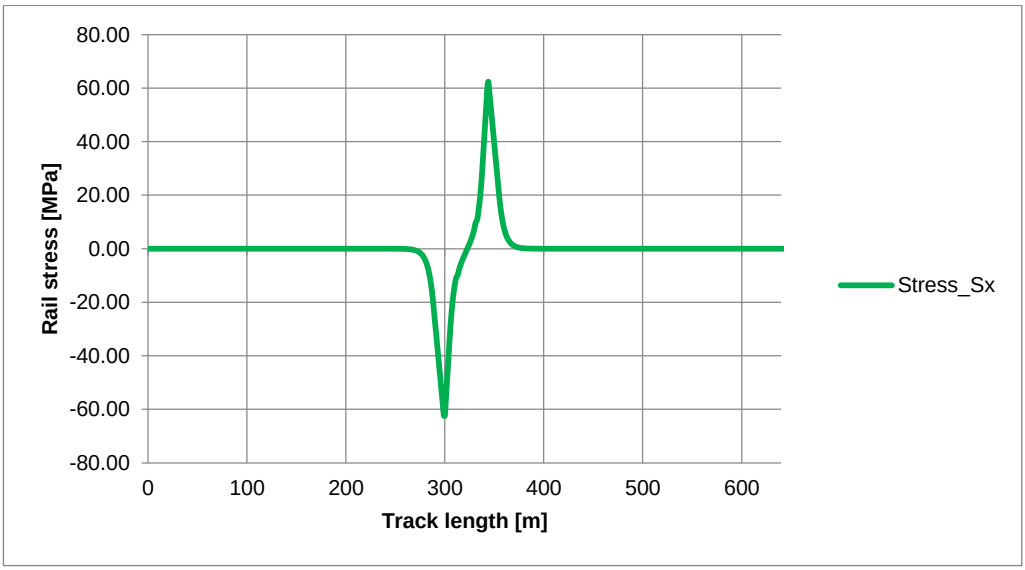
Left track (train braking)



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+61,22 MPa**

Right track (train acceleration)

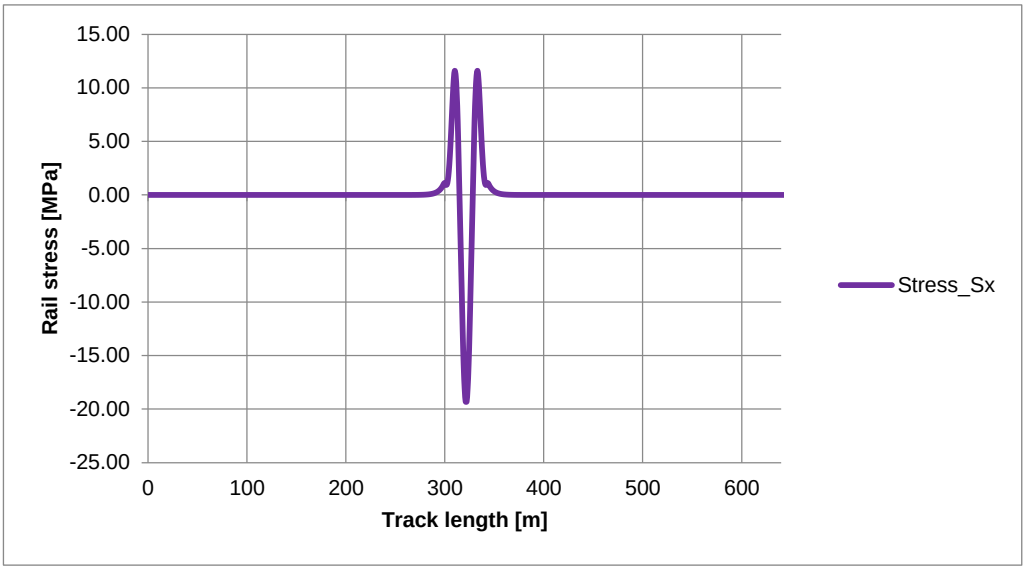


Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+62,47 MPa**

3) Rail stress due to vertical bending under train

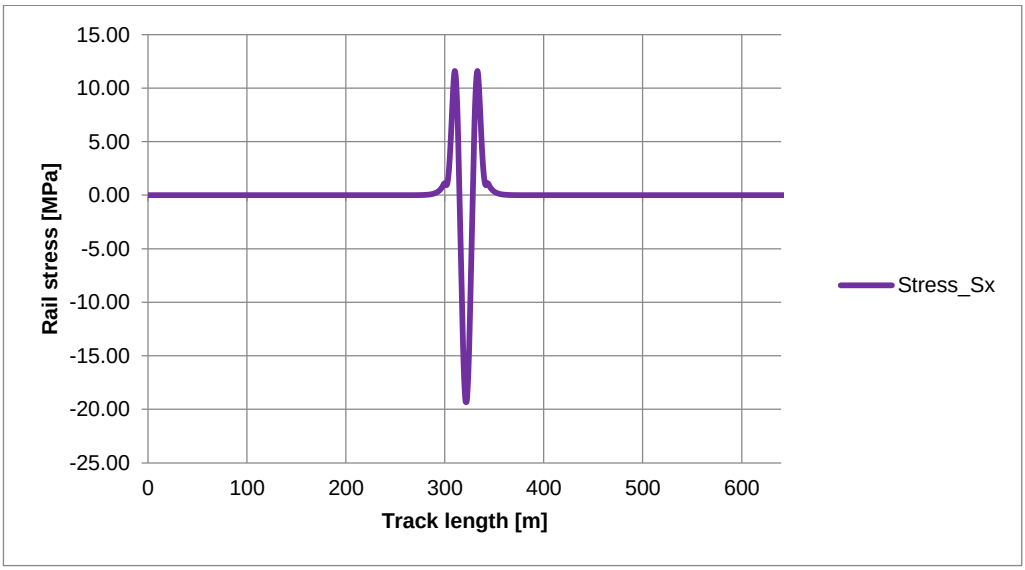
Left track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+3,20 MPa**

Right track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+3,20 MPa**

4) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure, train acceleration/braking and vertical bending under train

Left track

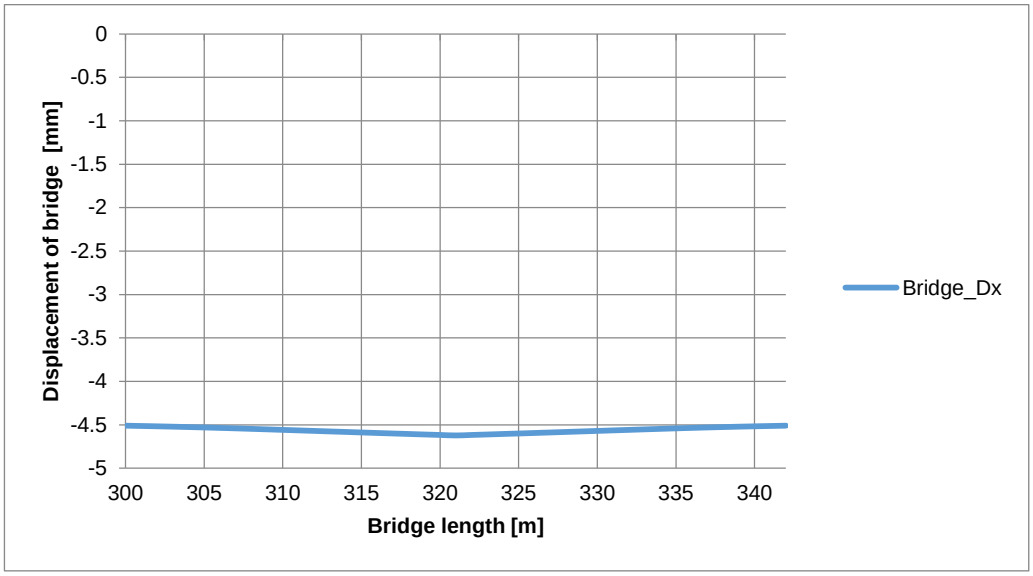
Maximum tensile stress in rail = **+14,96+61,22+3,20 = +79,38 MPa ≤ +92,00 MPa**

Right track

Maximum tensile stress in rail **= +14,96+62,47+3,20 = +80,63 MPa ≤ +92,00 MPa**

5) Absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

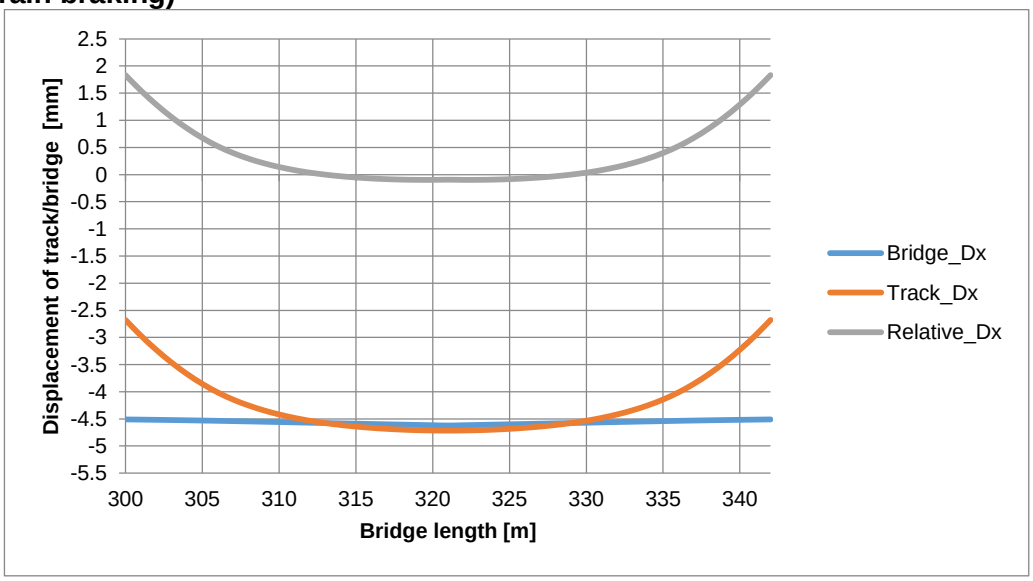
Left/Right bridge structure



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **4,62 mm ≤ 5 mm**

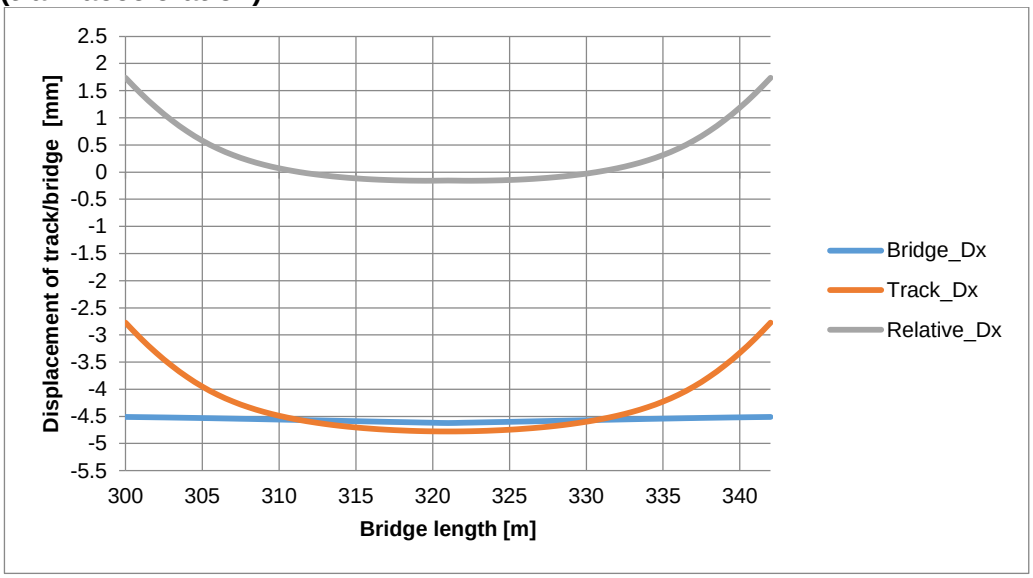
6) Relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track (train braking)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to braking of the train **= 1,83 mm ≤ 4 mm**

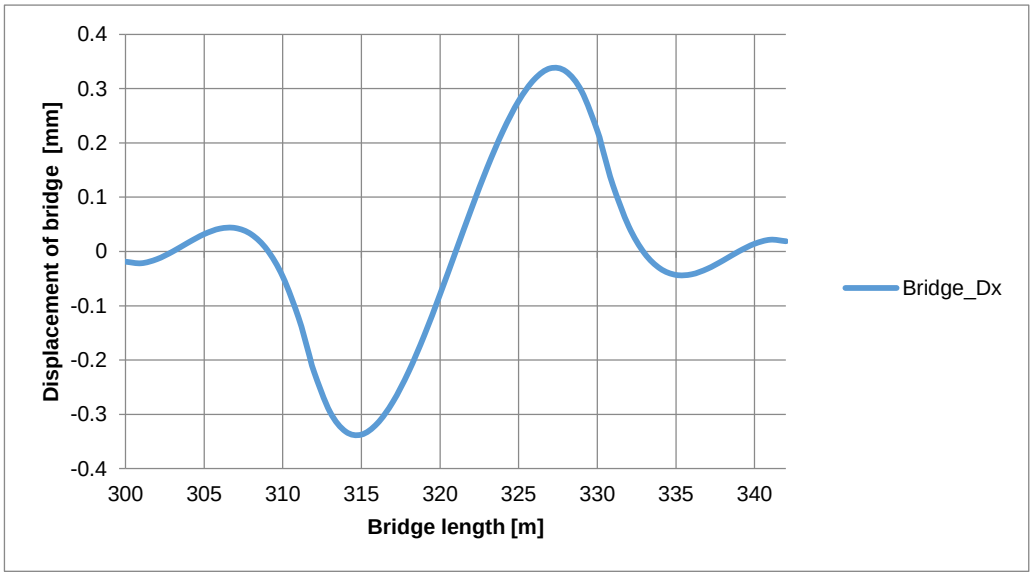
Right track (train acceleration)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration of the train **= <u>1,74 mm ≤ 4 mm</u>**

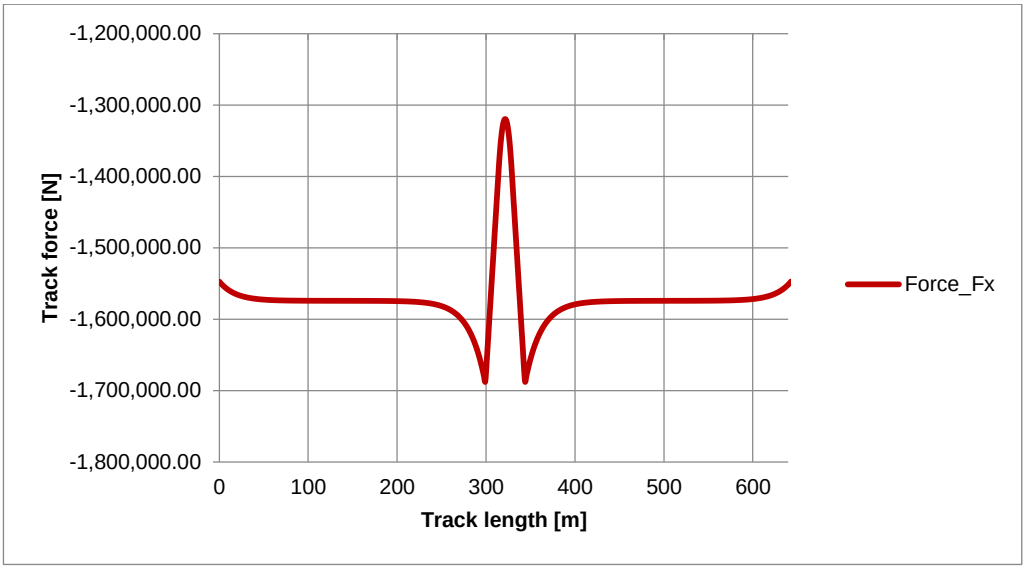
7) Horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train

Left/Right bridge structure



Maximum horizontal displacement of bridge superstructure due to rotating of bridge ends under the vertical load of the train = **<u>0,02 mm < 8 mm</u>**

1.2.1.7 Track stability in the horizontal plane on the bridge in summer climatic conditions

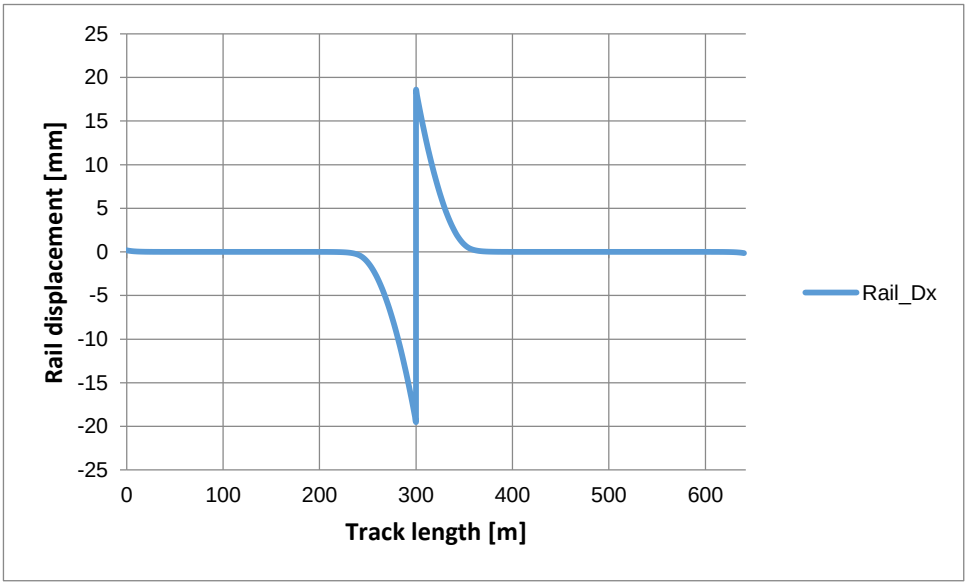


Maximum temperature pressure force in track on the bridge in summer climatic conditions relevant for the calculation of track stability in the horizontal plane = -1688070 N

The input parameters for the calculation of the track stability in the horizontal plane on the bridge in extreme summer climatic conditions are in accordance with Chapters 1.2.1.1, 1.2.1.2 and 1.2.1.3 as well as calculation results of the track/bridge interaction.

Checking the stability of the track in the horizontal plane was carried out for the maximum value of the pressure force in the track on the bridge -1688070 N.

1.2.1.8 Size of the rail gap on the bridge in winter climatic conditions



Maximum size of the gap due to cracking of the rail on the bridge in winter climatic conditions in the = **38,06 mm.**

Calculated by:
Zoran Lukovic,dipl.gradj.inz.
licenca broj 310 3032 03

2/1.1.2.6.3 ПРЕДМЕР И ПРЕДРАЧУН

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.2.1	**01**	**ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА**	**CONSTRUCTION OF HW PILES**				
2/1.1.2.1.1		Извођење HW бушених шипова од бетона класе C25/30, XC2, XA1, V-II. Цена радова обухвата бушење, набавку и уградњу бетона, сву потребну опрему и радну снагу. Обрачун се врши по m' готовог шипа. Набавка и уградња арматуре је обрачуната као посебна позиција. Шипови пречника Ø90 cm	Construction of HW bored piles of concrete class C25/30, XC2, XA1, V-II. The price covers boring, supply of concrete and concreting, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m' of a pile. Supply and installation of peinforcement is accounted separately.	m	1,138.00	30,000.00	34,140,000.00
2/1.1.2.1.2		Набавка и уградња арматуре класе B500B за HW шипове. Обрачун се врши по kg уграђене арматуре.	Supply and installation of reinforcement of class B500B for HW piles. Accounting shall be made per kg of installed reinforcement.	kg	110,000.00	120.00	13,200,000.00
2/1.1.2.1.3		Пробно оптерећење шипова на хоризонтално оптерећење. Извести у складу са одредбама Правилника за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019), на једном пару сталних шиповима до вредности радних-сервисних си	Pile load testing for horizontal load. Shall be carried out in accordance with the Regulation for the structures ("Official Gazette of RS", No. 89/2019), on the couple of permanently installed piles for the values up to the working-service load.	паушално / lump sum			2,400,000.00
2/1.1.2.1.4		Пробно оптерећење шипова на вертикално оптерећење. Извести у складу са одредбама Правилника за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019), на шипу посебно припремљеном за пробно оптерећење.	Pile load testing for vertical load. Shall be carried out in accordance with the Regulation for the structures ("Official Gazette of RS", No. 89/2019), on the pile specially prepared for load testing.	паушално / lump sum			1,800,000.00
		УКУПНО ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА:	**TOTAL FOR CONSTRUCTION OF HW PILES:**				**51,540,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.2.2	**02**	**ЗЕМЉАНИ РАДОВИ**	**EARTHWORKS**				
2/1.1.2.2.1		Ископ за темеље у материјалу III категорије, са свом потебном подградом и транспортом ископаног материјала до 5 km. Обрачун се врши по m^3 ископаног материјала.	Excavate for foundations in soil cat. III, with all necessary brackets and bracings and transport of excavated material up to distance of 5 km. Accounting shall be made per m^3 of	m^3	6,000.00	890.00	5,340,000.00
2/1.1.2.2.2		Побијање Larsen талпи, подграђивање и разупирању ради осигурањатемељних јама при ископу као и осигурања при даљем извођењу новопројектованог објекта при одвијању саобраћаја на истом. Цена обухвата набавку материјала, транспорт, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачунава се по m^2 изведене подграде.	Larssen sheet piling, instalation of brackets and bracins for foundation pits during excavation and subsequent construction of newly designed structure with traffic running on it. The price covers supply of material, transportation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^2 of	m^2	300.00	20,000.00	6,000,000.00
2/1.1.2.2.3		Затрпавање темеља опорача и стубова, из ископа или позајмишта, у слојевима по 30 cm, земљаним материјалом, са набијањем слојева до модула стшљивости Ms=30 MPa. Обрачун се врши по m^3 набијеног материјала	Backfill of abutment and pier foundations using earth from excavation or borrow pit, in 30 cm layers, compacted to modulus of compresibility of Ms=30 MPa. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	1,050.00	1,800.00	1,890,000.00
2/1.1.2.2.4		Израда цементне стабилизације иза опорача према ZTVE-StB sa 2.5 do 3.0 % цемента, ширине у круни минимум 1.5 m (на 1.0 m испод врха парапера) и нагибом 1:1 или блажим према темељном тлу, са степеном збијености $D_{pr} \geq 0.98$ према SRPS EN 13286-2:2012. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала	Construction of cement stabilzation behind the abutments according to ZTVE-StB with 2.5 to 3.0 % of cement, width in the top min. 1.5 m and slope to foundation soil of 1:1 or less steep, with compactation factor Dpr ≥ 0.98 according to SRPS EN 13286-2:2012. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material	m^3	510.00	4,500.00	2,295,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.2.2.5		Израда прелазног слоја иза цементне стабилизације, ширине у круни минимум 10.0 m и нагибом 1:2 или блажим према темељном тлу, са степеном збијености $D_{pr} \geq 1.0$ према SRPS EN 13286-2:2012. Уграђени материјал мора бити према DIN 18196 са модулом деформације у дну $E_{v2} \geq 45$ MN/m^2 и врху $E_{v2} \geq 80$ MN/m^2. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of transition layer behind cement stabilzation, width in the top min. 10.0 m and slope to foundation soil of 1:2 or less steep, with compactation factor Dpr ≥ 1.0 according to SRPS EN 13286-2:2012. Material for construction shall be according to DIN 18196 with deformation modulus in the bottom $E_{v2} \geq$ 45 MN/m2 and in the top $E_{v2} \geq 80$ MN/m^2. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	1,310.00	4,100.00	5,371,000.00
2/1.1.2.2.6		Израда прелазне плоче са хидрауличном стабилизацијом иза опораца, ширине минимум 3.0 m и дебљине минимум 0.3 m. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of transition slab with hydraulic stabilization behind the abutments, width min. 3.0 m and thickness min. 0.3 m. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	45.00	10,800.00	486,000.00
2/1.1.2.2.7		Израда кегли материјалом добијеним из усека или позајмишта са механичким набијањем у слојевима од по 30 cm. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of abutment cones with material recovered from cuttings or borrow pits, mechanically compacted in 30 cm layers. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	230.00	3,700.00	851,000.00
		УКУПНО ЗЕМЉАНИ РАДОВИ:	**TOTAL EARTH WORKS:**				**22,233,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.2.3	**03**	**БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДО**	**PLAIN AND REINFORCED CONCRETE**				
		Све позиције обухватају поред описа појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Бетонски радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, набавку и утрошке материјала, помоћни алат, оплате и скеле. - Бетон ће бити справљен, транспортован, уграђен, негован и испитиван на пробним узорцима по одредбама које прописује важећи Правилник за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019) - Бетон ће бити справљен од агрегата и цемента атестираних по важећим српским стандардима - Бетон класе V.II мора имати све класе отпорности дефинисане појединачним позицијама. - Мешање бетона мора се вршити машинским путем, а набијање вибрирањем - Арматура се обрачунава и плаћа посебно - Каблови се обрачунавају и плаћају посебно - У цену бетона је урачуната оплата и скела - Плаћа се за потпуно готов посао по m³ уграђеног бетона, ако није другачије дефинисано у појединим позицијама.					
	03.01	**Неармирани бетон**	**Plain concrete**				
2/1.1.2.3.1		Мршави бетон - изравнавајући слој, дебљине 10 cm, C12/15 or C16/20, X0, испод темеља и наглавних греда.	Cast lean concrete C12/15 or C16/20, X0 for 10 cm thick blinding layers under foundations and pile caps.	m^3	50.00	12,000.00	600,000.00
2/1.1.2.3.2		Бетон темаља за облогу кегли, C16/20, X0	Concrete for foundations of abutment cone pavement C16/20, X0	m^3	22.00	12,000.00	264,000.00
2/1.1.2.3.3		Облагање кегли бетонским плочама C16/20, X0, у слоју песка, међусобно заливених цементним малтером. Плаћа се по m^2 потпуно изведене облоге.	Pavement of abutment cones with concrete bricks C16/20, X0 in sand bed, and grout gaps with cement mortar. Payment per m^2 of finished lining.	m^2	170.00	4,000.00	680,000.00
	03.02	**Армирано бетонске темељне конструкциј**	**Reinforced concrete foundations**				
2/1.1.2.3.4		Темељи и наглавне греде од бетона класе C25/30, XC2, XA1, V-II	Foundations and pile caps of concrete class C25/30, XC2, XA1, V-II	m^3	550.00	21,600.00	11,880,000.00
	03.03	**Стубови као ослонци распонских конструкција разних система и лежишне греде**	**Supporting piers under spanning construction of various systems and**				
2/1.1.2.3.5		Тело крајњих стубова од бетона класе C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	Cast bodies of abutments of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	m^3	180.00	27,600.00	4,968,000.00
2/1.1.2.3.6		Крила и крилни зидови опораца од бетона класе C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	Cast wings and wing walls of abutments of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III,	m^3	12.00	27,600.00	331,200.00
2/1.1.2.3.7		Тело средњих стубова од бетона класе C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	Cast bodies of middle piers of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	m^3	220.00	27,600.00	6,072,000.00
	03.04	**Распонска конструкција моста од армираног бетона**	**Bridge constructions in spans of reinforced concrete**				
2/1.1.2.3.8		Коловозна плоча и попречни носачи од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Bridge deck and cross girders of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	650.00	30,600.00	19,890,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.2.3.9		Квадери од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Bearing pedestals of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	12.00	30,600.00	367,200.00
2/1.1.2.3.10		Ревизионе стазе са ивичним венцима и парапетима за корито баласта од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Revision footway with cornices and parapets for ballast bad of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	95.00	37,200.00	3,534,000.00
		УКУПНО БЕТОНСКИ РАДОВИ:	**TOTAL FOR CONCRETING:**				**48,586,400.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.2.4	**04**	**РАДОВИ ОД МЕТАЛА**	**METALWORK**				
		Све позиције обухватају описе појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Армирачки радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, утрошке материјала, помоћни алат и скеле . - Арматуру очистити од рђе и прљавштине, исправити, исећи, савити и уградити по детаљима (арамтурним нацртима) и статичком прорачуну. - За квалитет уграђене арматуре одговара извођач радова. - Јединична цена садржи и постављање подметача од челика,пластике или бетона за постизање предвиђених заштитних слојева и правилног положаја арматуре у конструкцији. Сва подеона арматура и узенгије ће бити чврсто везани за главну арматуру тако да не може доћи до промене положаја арматуре за време бетонирања конструкције. - Стварно уграђена количина арматуре обрачунава се по kg без обзира на сложеност и пречнике шипки арматуре. - Обрачун количина извршити према табличним тежинама арматуре и дужинама	All items include its own descriptions and the following common conditions: - Reinforcement shall be done in strict accordance with the design, structural analysis and the relevant regulations. The prices shall cover all operations, consumed materials, tools and scaffolds. - Rebars shall be cleaned from rust and dirt, straightened, cut, bent and positioned as detailed in reinforcement plans and structural analysis. - The Contractor shall be responsible for the quality of installed rebars. - The unit price shall also cover steel, plastic or concrete pads for ensuring proper covers and positions of bars. Lateral rebars and stirrups shall be firmly fixed to main rebars to prevent change of positions during concreting. - The actual quantity of rebars of all classes shall be measured per kg regardless of their complexity and diameters. - Measurement will be done according to tabulated weights of bars and lengths indicated in reinforcement plans.				
2/1.1.2.4.1		Набавка, чишћење, сечење, машинско савијање и монтажа арматуре према пропису, пројекту и статичким детаљима. Плаћа се по kg уграђене арматуре.	Purchase, wire brush, cut, bend mechanically and position bars according to the regulation, the design and the static detailed drawings. Payment per kg of positioned bars.				
		Ребраста арматура B 500B	Ribbed reinforcement B 500B	kg	258,000.00	120.00	30,960,000.00
							30,960,000.00
		УКУПНО АРМИРАЧКИ РАДОВИ:	**TOTAL METALWORK:**				

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.2.5	**05**	**КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК**	**STRUCTURAL STEEL**				
		Елементи имају своје појединачне описе као и следеће опште услове: - Израда конструкцијског челика мора бити обављена у складу са пројектом, статичким прорачуном и релевантним прописима. Цена ће покрити све активности, утрошене материјале, алате и скеле. - Са челичних профила и лимова се мора очистити рђа и прљавштина и морају бити исечењио, савијени и позиционирани као што је предвиђено у цртежима израде челичних елемената и статичком прорачуну. - Извођач сноси одговорност за квалитет челичних профила и лимова. - Конструкцијски челик мора бити атестиран на узорцима који су наведени у одговарајућим техничким прописима за челичне профиле и лимове. - Цена по елементу ће такође покрити и додатне, помоћне елементе (укруте и шарке) који се користе при изради конструкције, конструкцијске спојеве (заварене и зашрафљене), клинове са главом и проверу заварених спојева. - Одступања изведених радова морају бити проверена у складу са кодексом норматива и стандарда у грађевинарству	The items include its own descriptions and the following common conditions: - Structural steel construction shall be done in strict accordance with the design, structural analysis and the relevant regulations. The prices shall cover all operations, consumed materials, tools and scaffolds. - Steel sections and plates shall be cleaned from rust and dirt, cut, bent and positioned as detailed in steel fabrication drawings and structural analysis. - The Contractor shall be responsible for the quality of steel sections and plates. - Structural steel shall be tested on samples specified in the applicable Technical Code for steel sections and plates. - The unit price shall also cover auxiliary members (stiffeners and hinges) for the execution of the structure, structural joints (welded and bolted), headed studs and inspection of welded joints. - Tolerances of executed works shall be checked according to the Codes of practice and standards in civil engineering.				
2/1.1.2.5.1		Израда и подизање челичних структура. Цена ће покрити набавку материјала, израду, транспорт, подизање и антикорозивну заштиту у складу са ЕН ИСО 12944-5, класа С5-I. Плаћање изведених радова се врши по тони изведених конструкција Класа челика: S355 J2+M	Fabrication and erection of steel structures. The price shall cover procurement of materials, fabrication, transport, erection, anticorrosive protection according to EN ISO 12944-5, class C5-I. Payment for completed work per tons of executed structures. Steel grade: S355 J2+M				
		HEA 600	HEA 600	kg	285,000.00	300.00	85,500,000.00
		УКУПНО КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК:	**TOTAL STRUCTURAL STEEL:**				**85,500,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.2.6	**06**	**ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ**	**WATERPROOFING**				
		- Сви изолатерски радови морају бити изведени педантно и тачно према захтевима из пројекта, предрачуна радова и детаљима. - Употребљени материјали морају одговарати важећим стандардима и прописима, снабдевени атестима овлашћене установе, проверени у употребби, трајни колико и објекат или пројектовани тако да је њихова замена могућа. - Све грешке на конструкцији морају се на одговарајући начин отклонити или санирати пре почетка наношења изолационог материјала. - У јединичну цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, транспорт и израда. - Плаћа се за потпуно готов посао по m^2 урађене изолације и/или заштите.					
2/1.1.2.6.1		Израда хидроизолације од једног хладног премаза битулитом и једног премаза врућим битуменом бетонских површина које су у контакту са земљом.	Apply waterproofing of one cold coat of bitumen emulsion and one hot bitumen coat onto concrete surfaces in contact with ground.	m^2	1,400.00	1,200.00	1,680,000.00
2/1.1.2.6.2		Израда заштите бетонских површина заштитним хидрофобним премазом за бетон, на бази пенетрата. Површине морају бити претходно очишћене и суве. Премазивање подразумева заштиту и импрегнацију свих видљивих бетонских површина моста које су у додиру са атмосферским утицајима.	Protect concrete surfaces with protective hydrophobic penetrat-based coats. Surfaces shall be clean and dry prior to application. This means that all visible concrete surfaces on the bridge exposed to atmosphere shall be coated for the purpose of protection and impregnation.	m^2	1,600.00	2,000.00	3,200,000.00
2/1.1.2.6.3		Заштитни премаз бетона на пешачким стазама, степеницама и подестима, d=3-3.5 mm, формираног од 4 слоја: епокси прајмер, водоотпорни слој пур смоле, основни премаз пур смоле (полиуретан) са кварц песком (0.5-1 mm) и завршни слој пур смоле.	Apply protective coats onto concrete surface on footways, steps and landings, 3-3.5 mm thick, 4-ply of epoxy primer, water repellent pur resin, base coat of pur resin (polyurethane) with quartz sand (0.5-1 mm) and top coat of pur resin.	m^2	270.00	2,500.00	675,000.00
2/1.1.2.6.4		Израда хидроизолације горње плоче на бази метил метакрилата, прскањем под притиском. Радови по овој позицији се изводе у складу са техничким условима и нормативима за ову врсту послова као и по технологији произвођача. У цену су урачунати набавка материјала, тр	Spray under pressure methyl metacrylate-based waterproofing layer under ballast bed. Work shall be done according to relevant technical conditions and standards and the manufacturer's technology. The price shall cover procurement, transport and placing of materials.	m^2	1,100.00	4,150.00	4,565,000.00
		УКУПНО ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ:	**TOTAL WATERPROOFING:**				**10,120,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.2.7	**07**	**ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ**	**BEARINGS AND EXPANSION JOINTS**				
2/1.1.2.7.1		Израда и постављање армирано еластомер них лежишта. Плаћа се по комаду постављ еног лежишта. Приказане вредности су сер висне. X - подужни правац Y - попречни правац	Cast and position reinforced elastomer bearings. Payment per each bearing in place. Service loads are presented. X - longitudinal direction Y - lateral direction Z - vertical direction				
		непокретна лежишта $V_{z,max}$=3500 kN $H_{x,max}$=400 kN $H_{y,max}$=750 kN	fixed bearings $V_{z,max}$=3500 kN $H_{x,max}$=400 kN $H_{y,max}$=750 kN	ком	12.00	120,000.00	1,440,000.00
		покретна у X правцу $V_{z,max}$=1800 kN $H_{y,max}$=750 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm)	movable in X direction $V_{z,max}$=1800 kN $H_{y,max}$=750 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm)	ком	8.00	120,000.00	960,000.00
		покретна у Y правцу $V_{z,max}$=3500 kN $H_{x,max}$=400 kN $u_{y,max}$=5 mm	movable in Y direction $V_{z,max}$=3500 kN $H_{x,max}$=400 kN $u_{y,max}$=5 mm	ком	24.00	120,000.00	2,880,000.00
		покретна у оба правцима $V_{z,max}$=1800 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm) $u_{y,max}$=5 mm	movable in both directions $V_{z,max}$=1800 kN $u_{x,max}$=80 mm (±40 mm) $u_{y,max}$=5 mm	ком	8.00	120,000.00	960,000.00
2/1.1.2.7.2		Набавка и уградња водонепропусне елеаст омерне дилатационе спојнице	Supply and installation of waterproofing elastomeric expansion joint				
		подужна дилатациона спојница између две конструкције капацитета минимум 30 mm у вертикалном правцу и 5 mm у попречном п равцу	longitudinal expansion join between two structures with capacity of minimum 30 mm in vertical direction and 5 mm in lateral direction	m	45.00	140,000.00	6,300,000.00
		дилатациона спојница капацитета минимум 80 mm у подужном правцу моста	expansion join with capacity of minimum 80 mm in longitudinal direction of the bridge	m	55.00	180,000.00	9,900,000.00
		УКУПНО ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ:	**OTAL BEARINGS AND EXPANSION JOINTS:**				**22,440,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity A	Јед. цена (дин) Unit rate (Din) B	Цена (дин) Price (Din) A x B
2/1.1.2.8	**08**	**ОСТАЛИ РАДОВИ**	**MISCELLANEOUS**				
		За све позиције наведених радова важи: * у цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, механизације, транспорт, израда и монтажа према пројекту, а за комплетно завр шен посао					
2/1.1.2.8.1		Постављање еластичног тепиха (простирк е) за заштиту од буке и пригушење вибраци ја, између засторне призме и бетонске конс трукције. У цену урачуната набавка, трансп орт и уградња. Плаћа се по m^2 постављене еластичне про	An elastic mat for noise protection and vibration damping shall be placed between the ballast prism and concrete structure. The price includes the procurement, transport and installation. Payment per m^2 of installed elastic mat.	m^2	820.00	6,000.00	4,920,000.00
2/1.1.2.8.2		Набавка и монтажа дренажних цеви у склоп у насипа иза обалних стубова и њихово изв ођење до одводних канала	Supply and installation of drainage pipes in the bottom of backfill and their guide out to dewatering channels	m	80.00	1,800.00	144,000.00
2/1.1.2.8.3		Израда и постављање ограде од челика S 235 JRG1 са израдом и постављањем зашт итне мреже у висини од 2.0 m. У цену је урачуната набавка материјала, из рада, транспорт, монтажа, антикорозиона з аштита са два основна и два завршна прем аза покривном бојом, а у свему према проје кту. Плаћа се по kg постављене ограде.	Construction and installation of railings of S 235 JRG1 steel grade with construction and installation of protective fence in heght of 2.0 m. The price includes purchase of material, assembly transport, erection, anticorrosive protection of two primers and two top coats of paint, fully as designed. Payment per kg of railing/fence.				
2/1.1.2.8.4		- цевне или од профила	- tubular railing or sections	kg	5,000.00	250.00	1,250,000.00
2/1.1.2.8.5		Рушење постојеће конструкције је обрађен о у посебној свесци 10/1 Пројекат рушења п одвожњака Кисачка улица	Demolish of existing underpass structure is analized in separate book 10/1 Demolition design of underpass in Kisacka street				0.00
2/1.1.2.8.6		Испитивање готовог моста.	Bridge load testing	паушално / lump sum			2,100,000.00
2/1.1.2.8.7		Фотографско снимање у току изградње мос	Make photo records during the construction	паушално / lump sum			150,000.00
2/1.1.2.8.8		Израда и уграђивање плоче са годином изг радње моста.	Prepare and fix a plate inscribed with the year of bridge construction.	паушално / lump sum			15,000.00
2/1.1.2.8.9		Враћање улице у претходно стање по завр шетку радова на изградњи подвожњака	Reconstruction of the street to the previous condition after the underpass structure is complete.	m^2	1,000.00	3,600.00	3,600,000.00
.							
		УКУПНО ОСТАЛИ РАДОВИ:	**TOTAL MISCELLANEOUS:**				**12,179,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келебија)
КЊИГА 2/1.1.2: ПРОЈЕКАТ ПОДВОЖЊАКА
ПАРТИЗАНСКА УЛИЦА на km 77+807.99

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.2: UNDERPASS DESIGN
PARTIZANSKA STREET at km 77+807.99

Бр. поз. No.	Бр.поз. Техн. Усл. Item in Tech. Spec.	Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B

ЗБИРНА РЕКАПИТУЛАЦИЈА GRAND SUMMARY

2/1.1.2.1	**01**	**ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА**	**CONSTRUCTION OF HW PILES**	**51,540,000.00**
2/1.1.2.2	**02**	**ЗЕМЉАНИ РАДОВИ**	**EARTHWORKS**	**22,233,000.00**
2/1.1.2.3	**03**	**БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАД(**	**PLAIN AND REINFORCED CONCRETE**	**48,586,400.00**
2/1.1.2.4	**04**	**РАДОВИ ОД МЕТАЛА**	**METALWORK**	**30,960,000.00**
2/1.1.2.5	**05**	**КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК**	**STRUCTURAL STEEL**	**85,500,000.00**
2/1.1.2.6	**06**	**ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ**	**WATERPROOFING**	**10,120,000.00**
2/1.1.2.7	**07**	**ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ**	**BEARINGS AND EXPANSION JOINTS**	**22,440,000.00**
2/1.1.2.8	**08**	**ОСТАЛИ РАДОВИ**	**MISCELLANEOUS**	**12,179,000.00**

УКУПНО (дин): **GRAND TOTAL (Din):** **283,558,400.00**

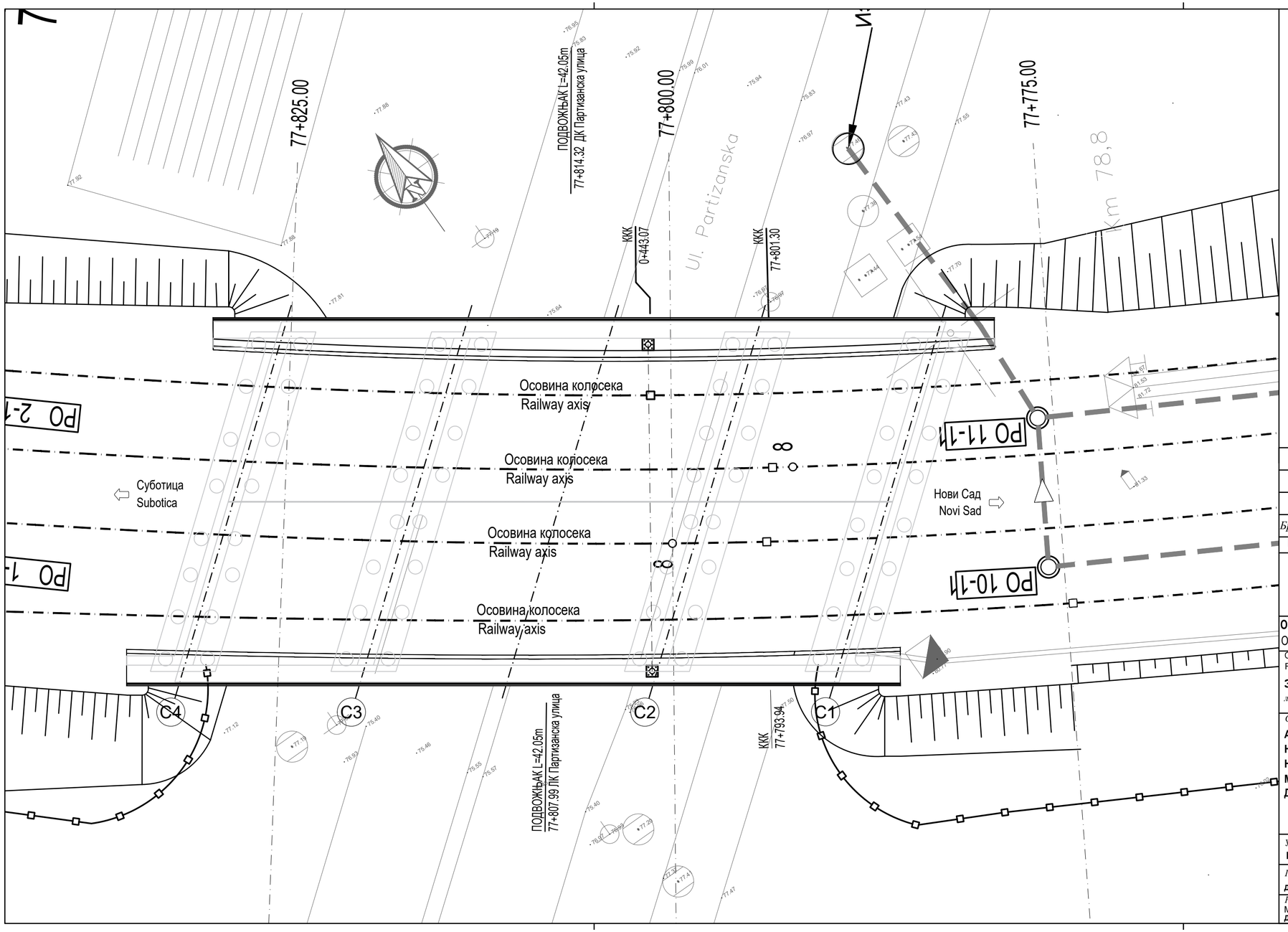
Београд, јун 2021. Belgrade, June 2021

Одговорни пројектант: Responsable designer:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.
лиценца бр: 310 3032 03

Zoran Luković, grad. civ. eng.
Licence no.: 310 3032 03

2/1.1.2.7 ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА



ПОДВОЖЊАК у km 77+807.99
UNDERPASS at km 77+807.99

СИТУАЦИОНИ ПЛАН
SITUATION PLAN

P/Sc 1:200

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта: Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
中国铁路国际有限公司 CHINA RAILWAY International Co., Ltd.
China Railway International Corporation Ltd.
No.10 Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100844
CHINA COMMUNICATIONS CONSTRUCTION COMPANY LIMITED
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта:/ Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION
2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99
2/1.1.2 Design for Underpass Partizanska street at km 77+807.99

Унутрашња контрола:/ Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант:/ Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

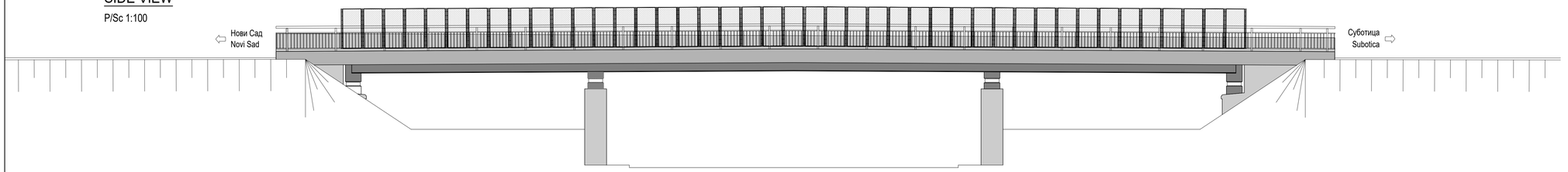
*Цртеж:*Drawing:
СИТУАЦИОНИ ПЛАН
SITUATION PLAN

Размера: Scale: **1:200**

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**
датум/date: **04.2021.**
*Цртеж бр*Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц01.**

Скраћенице и симболи
Abbreviations and symbols
GIŠ - Горња ивица шине/ Top of Rail
DIK - Доња ивица конструкције/ Lower edge of the structure

ИЗГЛЕД КОНСТРУКЦИЈЕ
SIDE VIEW
P/Sc 1:100

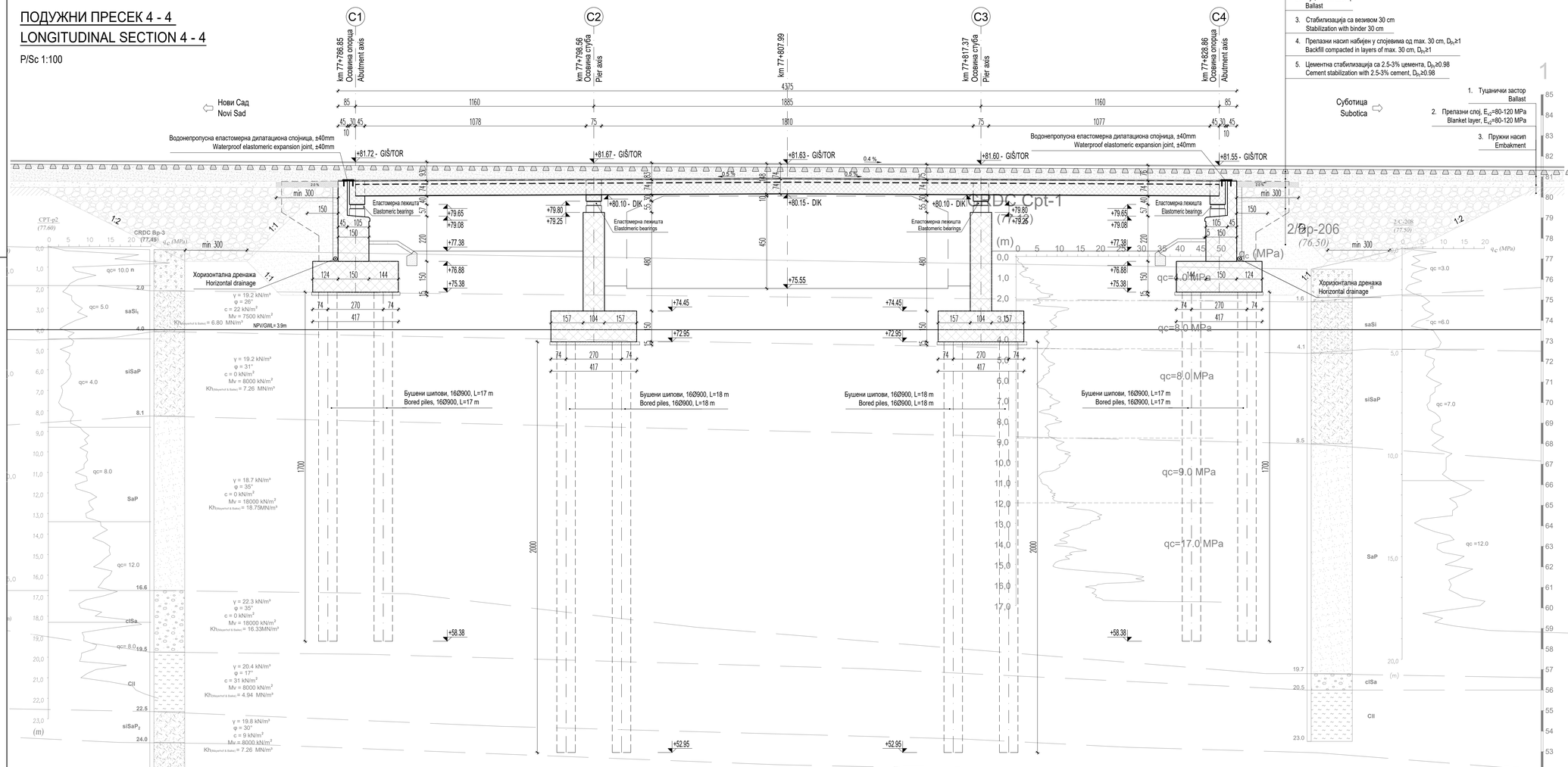


КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција — S355J2+M
Structural steel

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

ПОДУЖНИ ПРЕСЕК 4 - 4
LONGITUDINAL SECTION 4 - 4
P/Sc 1:100



Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd
Косте Рацина 165; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта/ Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
" INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Пројектант пројекта / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.20, Tuanjiehu Northroad, Xicheng District,Beijing
P.R. China, 100029

China Communications Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R. China, 100088

Објекат/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99

Руководилац пројекта / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping, Master & Shi Wei, Bachelor

Цртеж/ Drawing:
2/1.1.2 Design for Underpass Partizanska street at km 77+807.99

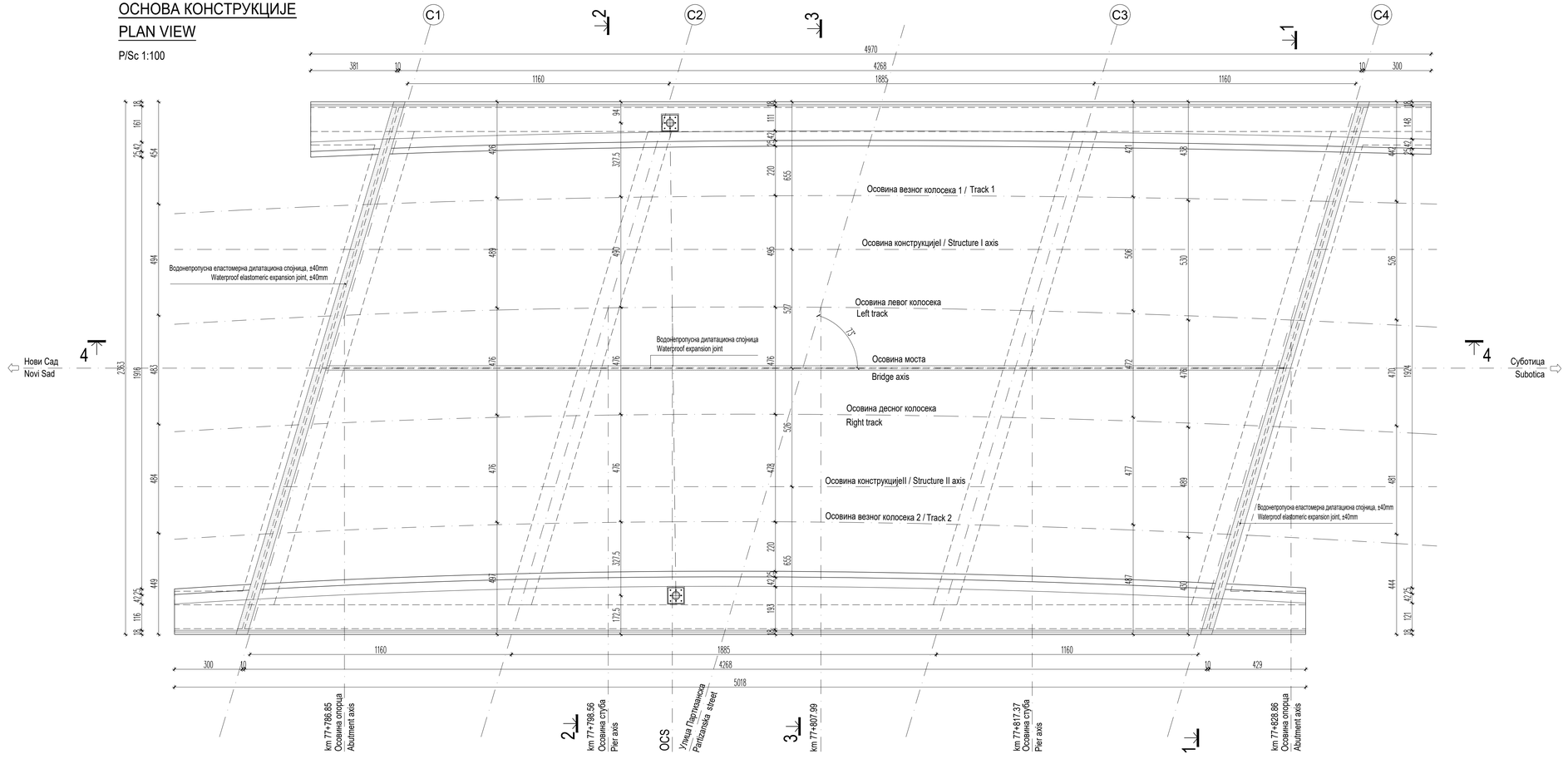
ПОДУЖНИ ПРЕСЕК И ИЗГЛЕД МОСТА
LONGITUDINAL SECTION AND LAYOUT OF THE BRIDGE

Размера: Scale: **1:100**

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**
*Датум/*Date: **04.2021.**
*Цртеж бр/*Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц02.**

ОСНОВА КОНСТРУКЦИЈЕ
PLAN VIEW

P/Sc 1:100



КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција / Structural steel: S355J2+M

Бетонски елементи конструкције / Concrete structural elements	Бетон / Concrete	Арматура / Reinforcement	Заштитни слој / Protection layer
Попречни носачи / Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча / Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери / Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови / Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила / Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза / Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде / Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови / Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон / Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

中国铁设 CRDC

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лицена број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта: Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
中国铁设咨询有限公司 CRDC Railway Consultants Co.,Ltd.
China Railway International Corporation Ltd.
No.19, Fuchu Road,Haidian District,Beijing
P.R. China, 100044
China Communications Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R. China, 100088

Објекат: /Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (ЖЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (ЖЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта: / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99
2/1.1.2 Design for Underpass Partizanska street at km 77+807.99

Унутрашња контрола: / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант: / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице: / Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

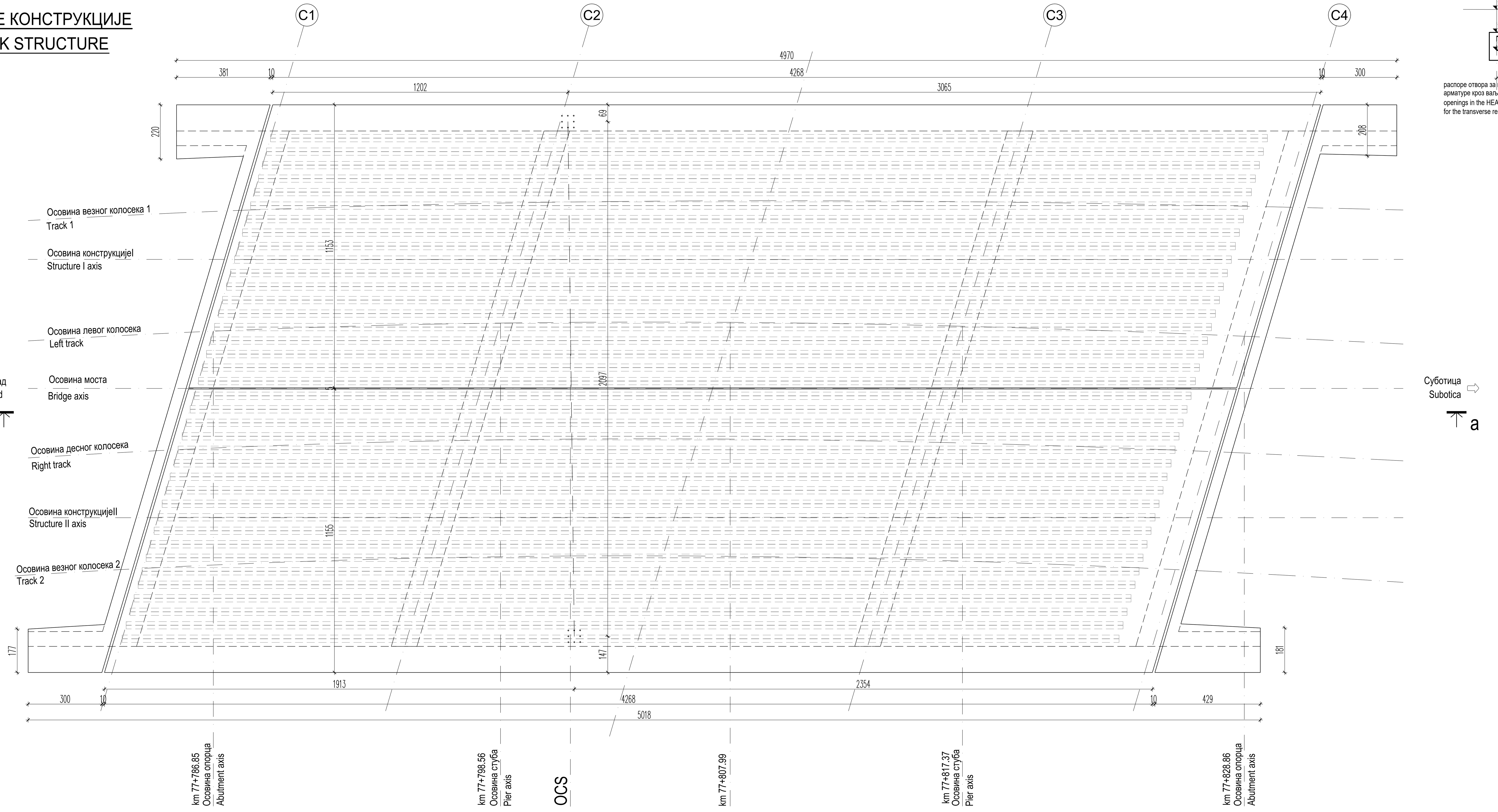
Цртеж: Drawing:
ОСНОВА КОНСТРУКЦИЈЕ
PLAN VIEW

Размера: Scale: **1:100**

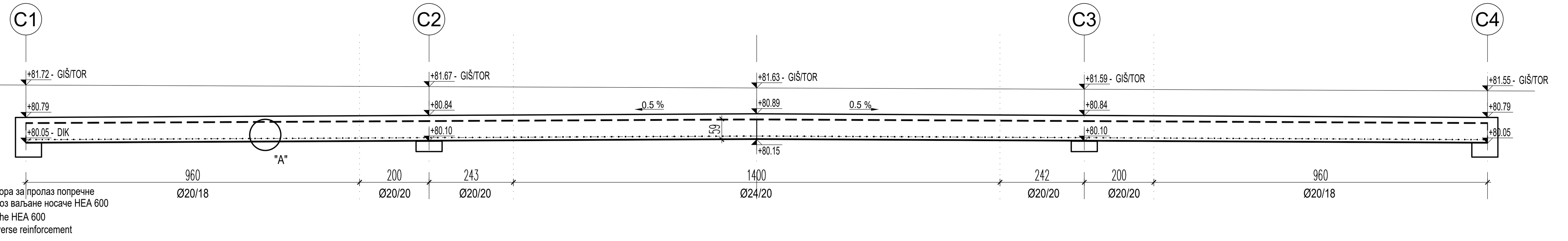
Врста тех. док.: / Type of tech. docum.:	*Датум:* / Date	*Цртеж бр:* / Drawing No.:
ПГД / DCP	**04.2021.**	**2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц03.**

ОСНОВА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ
PLAN VIEW OF A DECK STRUCTURE

P/Sc 1:100

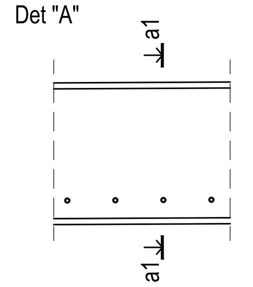


a-a

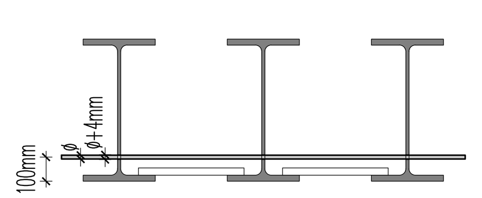


распоре отвора за пролаз попречне арматуре кроз ваљане носаче HEA 600
openings in the HEA 600 for the transverse reinforcement

Det "A"



a1 - a1



Напомена:
Рупе за пролаз попречне арматуре кроз ребро ваљаних носача HEA 600 морају бити изведене бушењем.

Note:
The holes in the webs of the steel rolled section HEA 600 should be drilled.

КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

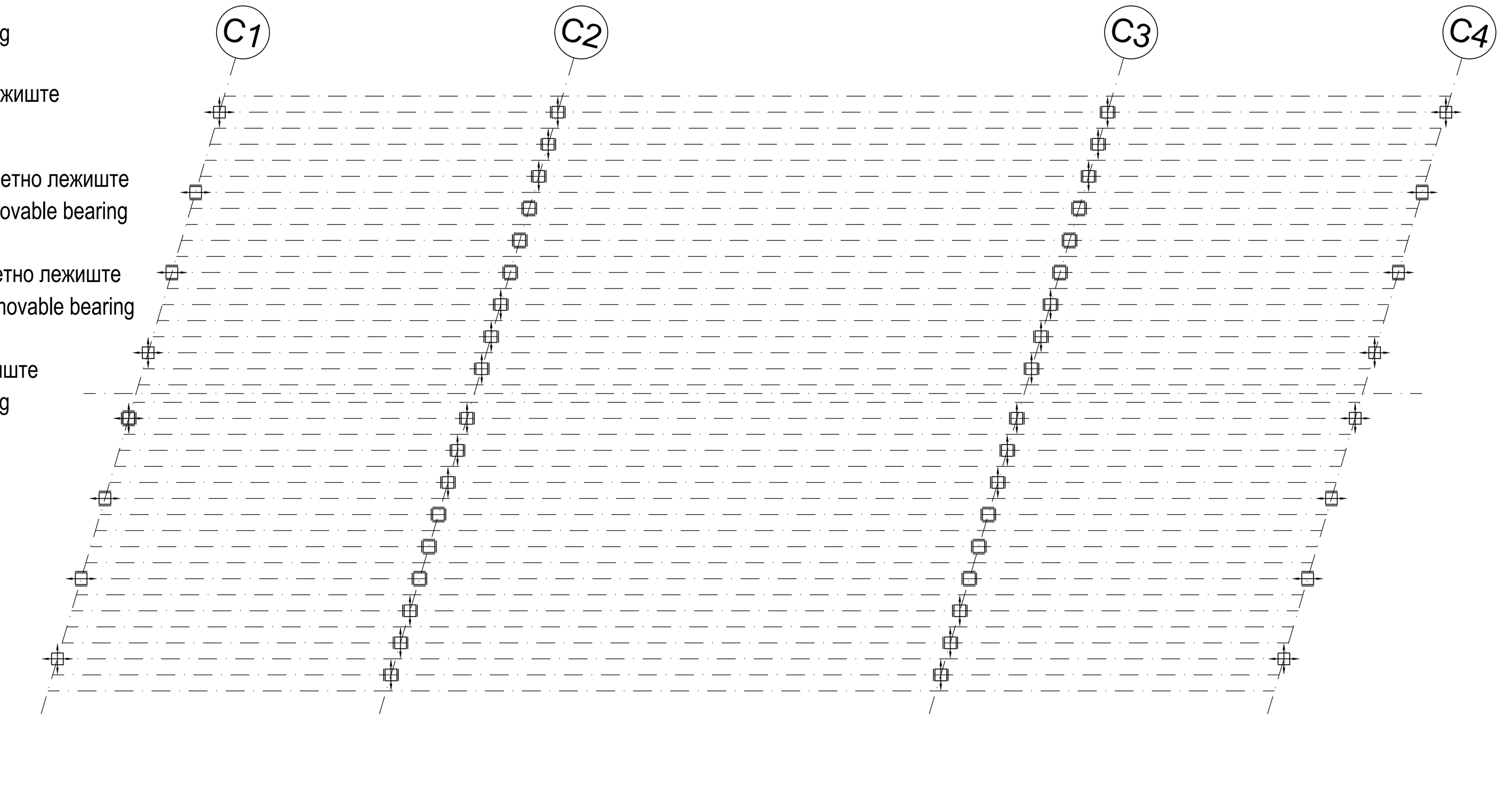
Челична конструкција / Structural steel: S355J2+M

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

РАСПОРЕД ЛЕЖИШТА
BEARING ARRANGEMENT

Симбол лежишта
Symbols of the bearing

- Непокретно лежиште / Fixed bearing
- Попречно покретно лежиште / Transversely movable bearing
- Подужно покретно лежиште / Longitudinally movable bearing
- Покретно лежиште / Movable bearing



Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: 310 3032 03

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Унутрашња контрола: / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант: / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице: / Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта: / Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd. No.10 Fuxing Road,Haidian District,Beijing P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R China, 100088

Објекат: / Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта: / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99
2/1.1.2 Design for Underpass Partizanska street at km 77+807.99

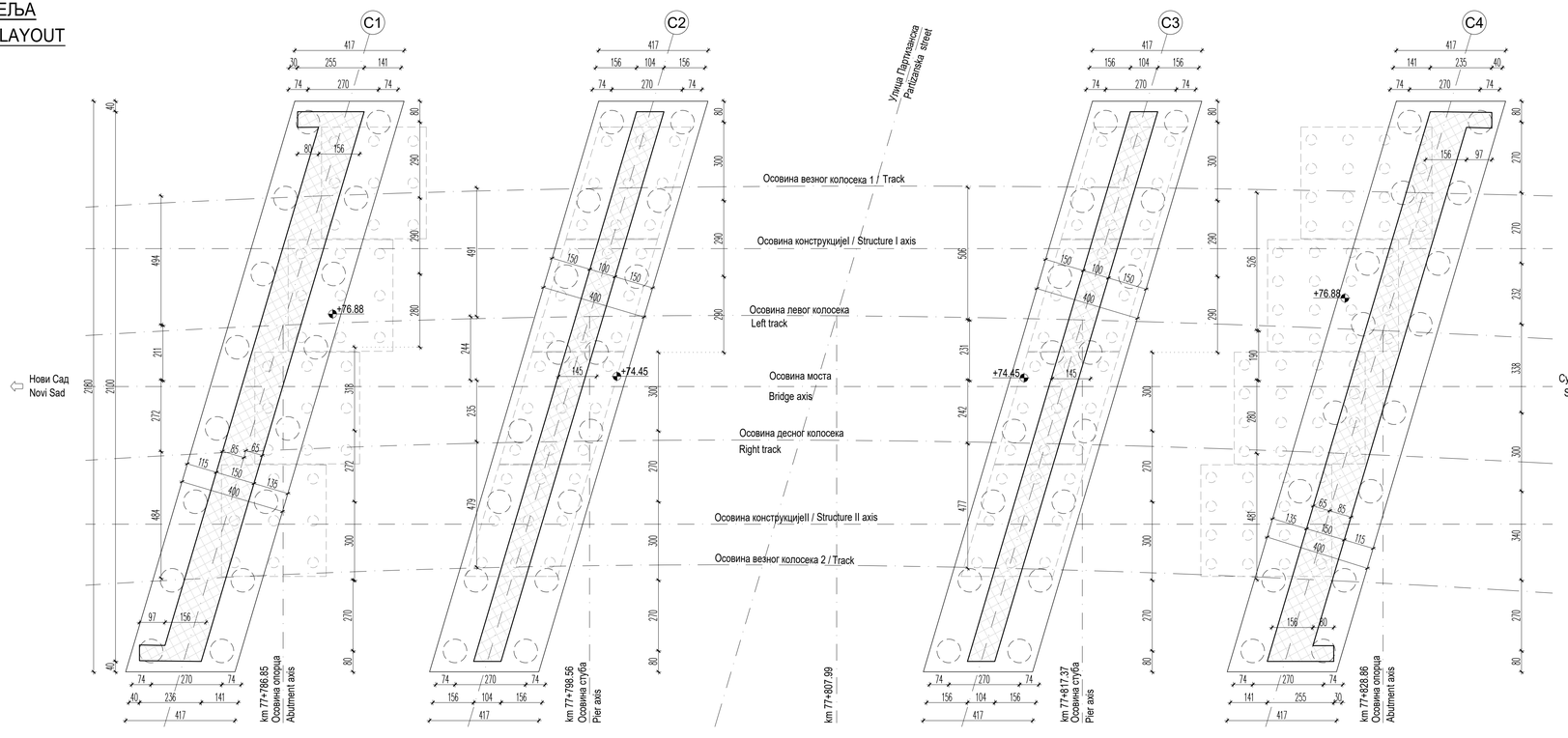
Цртеж: / Drawing:
ОСНОВА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ
PLAN VIEW OF A DECK STRUCTURE

Размера: / Scale: 1:100

Врста тех. док.: / Type of tech. docum.: ПГД / DCP
датум/date: 04.2021.
Цртеж бр./Drawing No.: 2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц04.

ОСНОВА ТЕМЕЉА
FOUNDATION LAYOUT

P/Sc 1:100



Постојећи шипови Ø400
Existing piles Ø400

Напомена:
Рупе за пролаз попречне арматуре кроз ребро ваљаних носача HEA 600 морају бити изведене бушењем.

Note:
The holes in the webs of the steel rolled section HEA 600 should be drilled.

КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција / Structural steel: S355J2+M

Бетонски елементи конструкције / Concrete structural elements	Бетон / Concrete	Арматура / Reinforcement	Заштитни слој / Protection layer
Попречни носачи / Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча / Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери / Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови / Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила / Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза / Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде / Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови / Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон / Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

中国铁设 CRDC

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лицеица број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта: Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Партнер на пројекту: / Employer:
中国铁道国际有限公司 CHINA RAILWAY International Co.,Ltd.
China Railway International Corporation Ltd. No.10 Fuxing Road,Haidian District,Beijing P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R China, 100088

Објекат: / Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта: / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION
2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99
2/1.1.2 Design for Underpass Partizanska street at km 77+807.99

Унутрашња контрола: / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант: / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице: / Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж: / Drawing: ОСНОВА ТЕМЕЉА / FOUNDATION LAYOUT

Размера: / Scale: 1:100

Врста тех. док.: / Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**

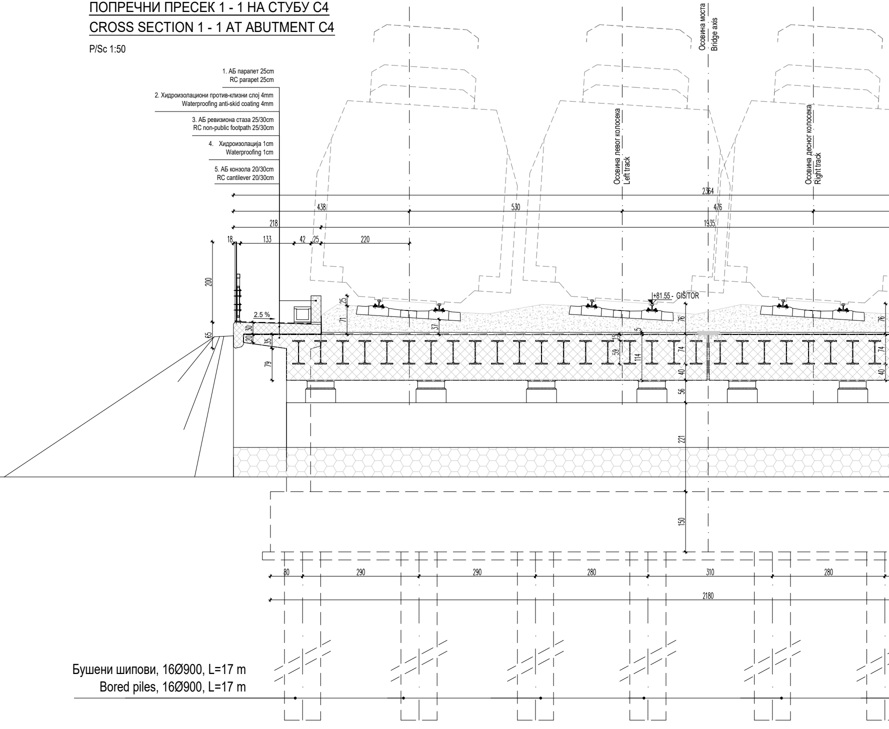
Датум: / date: **04.2021.**

Цртеж бр: / Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц05.**

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 1 - 1 НА СТУБУ C4

CROSS SECTION 1 - 1 AT ABUTMENT C4

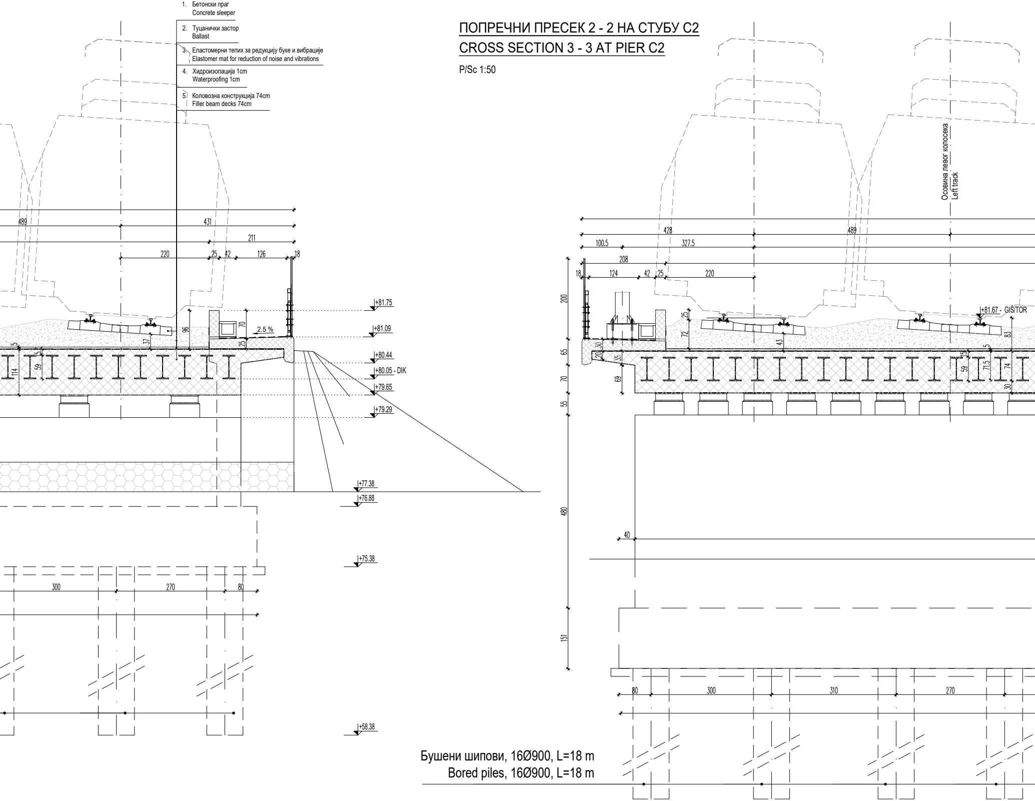
P/Sc 1:50


1. АБ парапет 25cm
RC parapet 25cm
2. Хидроизолациони против-клизни слој 4mm
Waterproofing anti-skid coating 4mm
3. АБ ревизиона стаза 25/30cm
RC non-public footpath 25/30cm
4. Хидроизолација 1cm
Waterproofing 1cm
5. АБ конзола 20/30cm
RC cantilever 20/30cm
Осовина моста
Bridge axis
Осовина левог колосека
Left track
Осовина десног колосека
Right track
2364
438
530
476
218
1935
18
133
42
25
220
200
65
2.5 %
30
20
35
79
25
71
37
+81.55 - GIŠ/TOR
76
15
59
5
114
74
40
56
221
150
80
290
290
280
310
280
2180
Бушени шипови, 16Ø900, L=17 m
Bored piles, 16Ø900, L=17 m

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 2 - 2 НА СТУБУ С2

CROSS SECTION 3 - 3 AT PIER C2

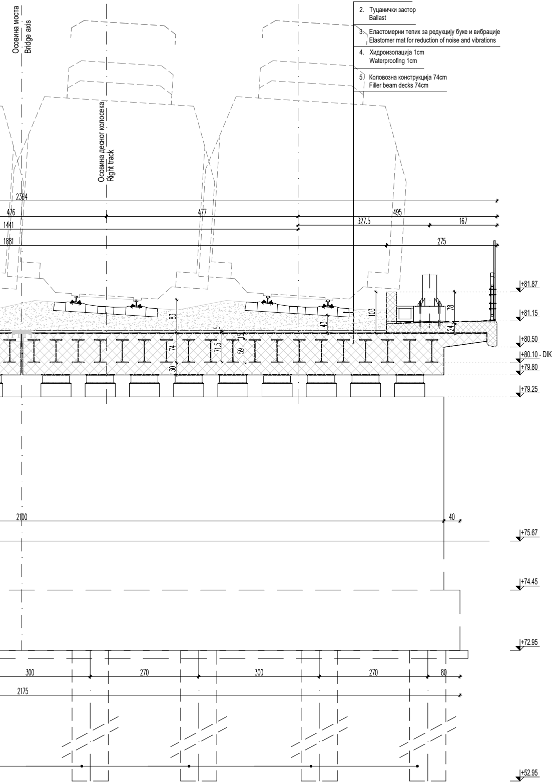
P/Sc 1:50



1. Бетонски праг
   Concrete sleeper
2. Туцанички застор
   Ballast
3. Еластомерни тепих за редукцију буке и вибрације
   Elastomer mat for reduction of noise and vibrations
4. Хидроизолација 1cm
   Waterproofing 1cm
5. Коловозна конструкција 74cm
   Filler beam decks 74cm

Бушени шипови, 16Ø900, L=18 m
Bored piles, 16Ø900, L=18 m

489
431
211
220
25
42
126
18
96
70
37
25
2.5 %
5
5.2
59
114
+81.75
+81.09
+80.44
+80.05 - DIK
+79.65
+79.29
+77.38
+76.88
+75.38
+58.38
300
270
80
Осовина левог колосека
Left track
428
100.5
327.5
208
124
200
65
70
55
480
151
30
20
35
69
72
43
+81.67 - GIS/TOR
83
71.5
74
40
310

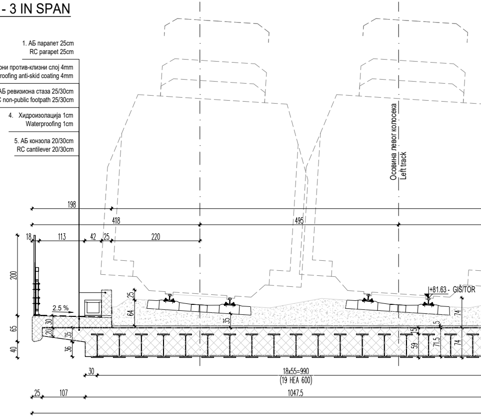

Осовина моста
Bridge axis
Осовина десног колосека
Right track
2364
476
477
495
1441
327.5
167
1881
275
+81.87
+81.15
+80.50
+80.10 - DIK
+79.80
+79.25
83
103
78
24
43
5
15
74
71.5
59
30
2100
40
+75.67
+74.45
+72.95
300
270
300
270
80
2175
+52.95

1. Бетонски праг
Concrete sleeper
2. Туцанички застор
Ballast
3. Еластомерни тепих за редукцију буке и вибрације
Elastomer mat for reduction of noise and vibrations
4. Хидроизолација 1cm
Waterproofing 1cm
5. Коловозна конструкција 74cm
Filler beam decks 74cm

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК 3 - 3 У ПОЉУ
CROSS SECTION 3 - 3 IN SPAN

P/Sc 1:50

1. АБ парапет 25cm
RC parapet 25cm
2. Хидроизолациони против-клизни слој 4mm
Waterproofing anti-skid coating 4mm
3. АБ ревизиона стаза 25/30cm
RC non-public footpath 25/30cm
4. Хидроизолација 1cm
Waterproofing 1cm
5. АБ конзола 20/30cm
RC cantilever 20/30cm

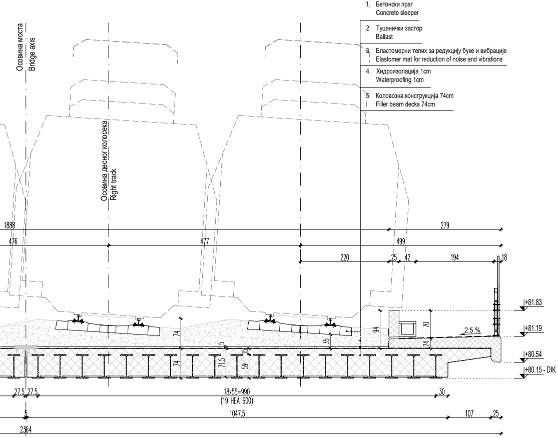

Осовина левог колосека
Left track
198
418
495
18
113
42
25
220
200
25
64
65
40
2.5 %
30
20
35
36
35
+81.63 - GIS/TOR
74
5
15
59
71.5
74
30
18x55=990
(19 HEA 600)
25
107
1047.5

ПОДВОЖЊАК у km 77+807.99
UNDERPASS at km 77+807.99

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ
CROSS SECTIONS

P/Sc 1:100

Скраћенице и симболи
Abbreviations and symbols
GIŠ - Горња ивица шине/ Top of Rail
DIK - Доња ивица конструкције/ Lower edge of the structure


1. Бетонски праг
Concrete sleeper
2. Туцанички застор
Ballast
3. Еластомерни тепих за редукцију буке и вибрације
Elastomer mat for reduction of noise and vibrations
4. Хидроизолација 1cm
Waterproofing 1cm
5. Коловозна конструкција 74cm
Filler beam decks 74cm
Осовина моста
Bridge axis
Осовина десног колосека
Right track
1888
279
476
477
499
220
25
42
194
18
+81.83
+81.19
+80.54
+80.15 - DIK
2.5 %
74
94
70
35
24
5
15
71.5
59
27.5
27.5
18x55=990
(19 HEA 600)
30
5
1047.5
107
25
2364

КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА
MATERIAL CHARACTERISTICS

Челична конструкција
Structural steel
S355J2+M

Бетонски елементи конструкције Concrete structural elements	Бетон Concrete	Арматура Reinforcement	Заштитни слој Protection layer
Попречни носачи Cross girders	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Коловозна плоча Deck	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500C	4.0 cm
Квадери Bearing pedestals	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Средњи стубови Middle piers	C30/37, XC4, XD3, XA1, XF2, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Обални стубови и крила Abutments and wing walls	C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	B500B	5.0 cm
Ревизиона стаза Non-public footpath	C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	B500B	4.0 cm
Наглавне греде Pile cap beams	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Шипови Piles	C25/30, XC2, XA1, V-II	B500B	7.5 cm
Неармирани бетон Plain concrete	C12/15 or C16/20, X0		

Број/Number	*Датум* / Date	*Опис* / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

中国铁设
CRDC

China Railway Design Corporation Serbi
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Ана Веловић, дипл.грађ.инж.
Новак Веловић, дипл.грађ.инж.
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.
Драган Микић, дипл.грађ.инж.

Унутрашња контрола: / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант: / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Инвеститор пројекта: Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
中国铁路国际有限公司
CHINA RAILWAY International Co., Ltd.
China Railway International Corporation Ltd.
No.10 Fuxing Road Haidian District,Beijing
P.R China, 100844
CHINA COMMUNICATIONS CONSTRUCTION COMPANY LIMITED
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта:/ Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.2 Пројекат подвожњака Партизанска улица на км 77+807.99
2/1.1.2 Design for Underpass Partizanska street at km 77+807.99

Цртеж: Drawing:
ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ
CROSS SECTIONS

Размера: Scale:
1:50

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: **ПГД / DCP**
датум/date: **04.2021.**
Цртеж бр/Drawing No.: **2020-001-ГС-2/1.1.2.7.Ц06.**